This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

SIEBENUNDSECHZIGSTER BAND.

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,
BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1873.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

LXVII. BAND. I. ABTHEILUNG.

JAHRGANG 1873. — HEFT I BIS V.

(Mit 9 Tafeln und 2 Holzschnitten.)

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1873.

K.

171787

STANFORD LIBRARY

INHALT.

Seite

I. Sitzung vom 2. Jänner 1873: Übersicht 3

Fitzinger, Versuch einer natürlichen Classification der Fische. [Preis: 40 kr. = 8 Ngr.] 5

II. Sitzung vom 9. Jänner 1873: Übersicht 59

Graber, Über die Haut einiger Sternwürmer *(Gephyrei)*. (Mit 3 Tafeln.) [Preis: 50 kr. = 10 Ngr.] 61

Tangl, Zweiter Beitrag zur Kenntniss der Perforationen an Pflanzengefässen. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 30 kr. = 6 Ngr.] 79

III. Sitzung vom 16. Jänner 1873: Übersicht 93

IV. Sitzung vom 30. Jänner 1873: Übersicht 96

V. Sitzung vom 6. Februar 1873: Übersicht 101

VI. Sitzung vom 13. Februar 1873: Übersicht 104

Boué, Über wenig berücksichtigte geologische Theorien zur Auffindung von rentablen Bergwerken in weit entlegenen Erdgegenden. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 107

Brandt, Blicke auf die Verbreitung der in Europa bisher entdeckten Zahnwale der Tertiärzeit in specieller Beziehung auf die des Wiener Beckens. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 117

VII. Sitzung vom 6. März 1873: Übersicht 125

v. Zepharovich, Über den Syngenit. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] 128

Krasan, Beiträge zur Kenntniss des Wachsthums der Pflanzen. [Preis: 35 kr. = 7 Ngr.] 143

VIII. Sitzung vom 13. März 1873: Übersicht 189

IX. Sitzung vom 20. März 1873: Übersicht 192

X. Sitzung vom 3. April 1873: Übersicht 197

Graber, Die Gewebe und Drüsen des Anneliden-Oesophagus. (Mit 2 Tafeln.) [Preis: 40 kr. = 8 Ngr.] 201

Boehm, Über die Respiration von Landpflanzen. [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] 219

Krasan, Beiträge zur Kenntniss des Wachsthums der Pflanzen. (Fortsetzung und Schluss.) [Preis: 20 kr. = 4 Ngr.] . . 252

Schrauf, Mineralogische Beobachtungen V. (Mit 2 Tafeln und 2 Holzschnitten.). [Preis: 1 fl. 25 kr. = 25 Ngr.] . . . 275

Seite

XI. Sitzung vom 17. April 1873: Übersicht 362

XII. Sitzung vom 24. April 1873: Übersicht 365

XIII. Sitzung vom 8. Mai 1873: Übersicht 369

XIV. Sitzung vom 15. Mai 1873: Übersicht 372

Boué, Über die aus ihren Lagerstätten entfernten und in anderen Formationen gefundenen Petrefacten. [Preis: 20 kr. = 4 Ngr.] 375

— Über die dolomitische Brekzie der Alpen und besonders über die zu Gainfahrn in Nieder-Österreich. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 393

XV. Sitzung vom 23. Mai 1873: Übersicht 399

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

ERSTE ABTHEILUNG.

1.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Geologie und Palæontologie.

I. SITZUNG VOM 2. JÄNNER 1873.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Hofrath Freih. v. Ettingshausen den Vorsitz.

Herr Dr. L. J. Fitzinger in Pest übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Versuch einer natürlichen Classification der Fische.“

Herr Hofrath Dr. E. Ritter v. Brücke überreicht eine in seinem physiologischen Institute ausgeführte Arbeit: „Über die Quelle des Leberglycogens,“ vom Herrn stud. med. Sigmund Weiss.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia, Real, de Ciencias medicas, fisicas y naturales de la Habana: Anales. Entrega XCVII—C. Tomo IX. Habana, 1872; 8°.

Accademia Pontificia de' nuovi Lincei: Atti. Anno XXV, Sess. 7ª. Roma, 1872; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrg., Nr. 36; 11. Jahrgang, Nr. 1. Wien, 1872 & 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1915 (Bd. 80. 19.) Altona, 1872; 4°.

Bibliothèque Universelle & Revue Suisse: Archives des sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVª, Nr. 179. Genève, Lausanne, Paris, 1872; 8°.

Chlebik, Franz, Kraft und Stoff, oder der Dynamismus der Atome aus Hegel'schen Prämissen abgeleitet. Berlin, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 24. Paris, 1872; 4°.

Gelehrten-Verein, serbischer, zu Belgrad: Glasnik. Knjiga. XXXIV & XXXV. Belgrad, 1872; 8°.

Gesellschaft, physikal.-medicin., in Würzburg: Verhandlungen. N. F. III. Band, 3. Heft. Würzburg, 1872; 8°.

Gesellschaft, naturforschende, zu Emden: Kleine Schriften. XVI. Emden, 1872; 8°.

— böhmische chemische: Berichte. 1. & 2. Heft. Prag, 1872; 8°. (Böhmisch).

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 51—52. Wien, 1872; 4°.

Istituto, Reale, Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo I., Serie IV^a, Disp. 10^a. Venezia, 1871—72; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXVIII, Heft 4. Speyer, 1872; 8°.

— über die Fortschritte der Mathematik, von C. Ohrtmann, F. Müller, A. Wangerin. II. Band. Jahrgang 1869 & 1870, Heft 2. Berlin, 1872; 8°.

Jena, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem zweiten Halbjahre 1872. 4° & 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VI, 6. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 26. Graz, 1872; 4°.

Lese-Verein, akadem., an der k. k. Universität und st. l. technischen Hochschule in Graz: V. Jahresbericht. Graz, 1872; 8°.

Lotos. XXII. Jahrgang. November 1872. Prag; 8°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administr. Militär-Comité. Jahrgang 1872, 12. Heft. Wien; 8°.

Nature. Nrs. 164—165, Vol. VII. London, 1872; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 16. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIe Année, 2e Série, Nrs. 25—26. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Verein, Siebenbürgischer, für Naturwissenschaften: Verhandlungen & Mittheilungen. XXII. Jahrgang. Hermannstadt, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 51—52. Wien, 1872; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 17. Heft. Wien, 1872; 4°.

Versuch einer natürlichen Classification der Fische.

Von dem w. M. Dr. **Leop. Jos. Fitzinger.**

Seit Linné die systematische Zoologie gegründet hatte, war es das Bestreben der Naturforscher, die Thiere nach ihrer grössten Ähnlichkeit bezüglich ihrer äusseren Form wie auch ihres inneren Baues, oder nach ihrer natürlichen Verwandtschaft zu gruppiren und auf diese Weise ein natürliches System zu Stande zu bringen.

In der Ichthyologie war es Artedi, der zuerst versuchte, eine solches natürliches System für diese Thierklasse in seiner 1738 erschienenen „Ichthyologia" aufzustellen.

Er gründete sein System — da er auch die Cetaceen zu den Fischen zählte, — theils auf die Beschaffenheit der Schwanzflosse und der Athmungsorgane und insbesondere der Kiemen, theils auf die Bildung der Flossen und brachte hiernach die Classe der Fische in fünf grosse Gruppen oder Ordnungen; und zwar:

I. **Plagiuri,** mit wagrechter Schwanzflosse und Lungen, nämlich die Cetaceen;

II. **Chondropterygii,** mit knorpeligen Flossenstrahlen und Kiemen ohne Deckel;

III. **Branchiostegi,** mit knorpeligen Flossenstrahlen und Kiemen mit einem Deckel;

IV. **Acanthopterygii,** mit knöchernen Stachelstrahlen in den Flossen und Kiemen mit einem Deckel; und

V. **Malacopterygii,** mit knöchernen weichen Strahlen in den Flossen und Kiemen mit einem Deckel.

Linné nahm Anfangs diese Eintheilung an, schlug aber später eine andere vor, indem er die Cetaceen aus der Classe der Fische ausschied und denselben ihre richtige Stellung bei den Säugethieren anwies, während er die Classe der Fische

nach der Beschaffenheit des Skeletes und der Kiemen, dem Vorhandensein oder dem Mangel von Bauchflossen, so wie nach deren Stellung, in sechs Ordnungen theilte:

I. **Chondropterygii,** mit knorpeligem Skelete und angewachsenen Kiemen;

II. **Branchiostegi,** mit knorpeligem Skelete und freien Kiemen;

III. **Apodes,** mit knöchernem Skelete, freien Kiemen und fehlenden Bauchflossen;

IV. **Jugulares,** mit knöchernem Skelete, freien Kiemen, und Bauchflossen, welche vor den Brustflossen stehen;

V. **Thoracici,** mit knöchernem Skelete, freien Kiemen, und Bauchflossen, welche unter die Brustflossen gestellt sind; und

VI. **Abdominales,** mit knöchernem Skelete, freien Kiemen, und Bauchflossen, welche hinter den Brustflossen stehen.

G. Cuvier, der grösste Zoolog und Zootom unseres Jahrhunderts, hat in seinem 1793 veröffentlichten „Tableau élémentaire de l'histoire naturelle" seinem Fisch-Systeme zwar das Linné'sche System zu Grunde gelegt und dieselbe Eintheilung angenommen, aber die Gattung *„Acipenser"* aus der Ordnung der Chondropterygii ausgeschieden und in die der Branchiostegi eingereiht, und aus dieser die Gattung *„Mormyrus"* entfernt und der Ordnung der Abdominales zugewiesen.

Eine weit wesentlichere Veränderung hat er aber in seinem im Jahre 1817 erschienenen „Règne animal" vorgenommen, in welchem er sich wieder mehr der Artedi'schen Eintheilung zuneigte.

Er nahm zwei Reihen oder grosse Abtheilungen an:

I. **Chondropterygii,** mit knorpeligem Skelete, und

II. **Ossei,** mit knöchernem Skelete.

Die **Chondropterygii** brachte er in zwei Ordnungen:

1. **Selachii,** mit festgewachsenen Kiemen und den beiden Familien: *Cyclostomi* und *Plagiostomi*; und

2. **Sturionini,** mit freien Kiemen, und der einzigen Familie: *Sturionides.*

Die **Ossei** zerfällte er in vier Ordnungen:

1. **Plectognathi,** mit unvollkommenen Kiefern, zu welchen er die beiden Familien: *Gymnodontes* und *Sclerodermi* zählte.
2. **Lophobranchii,** mit büschelförmigen Kiemen, welche nur die Familie: *Syngnathi* enthält;
3. **Malacopterygii,** mit weichen Strahlen in den Flossen, die er nach dem Vorhandensein oder dem Mangel der Bauchflossen und ihrer Stellung in drei Unterordnungen scheidet, und zwar:
   a) **Abdominales,** deren Bauchflossen hinter den Brustflossen stehen, mit den Familien: *Salmonides, Clupeides, Esocides, Cyprinides* und *Silurides;*
   b) **Subbrachiales,** deren Bauchflossen unter der Kehle oder unter den Brustflossen stehen, mit den Familien: *Gadides, — Pleuronectides* und *Discoboli;*
   c) **Apodes,** mit fehlenden Bauchflossen und der einzigen Familie: *Anguilloides;* endlich
4. **Acanthopterygii,** mit harten Stachelstrahlen in den Flossen, und den Familien: *Taenioides, — Gobioides, — Labroides, — Percoides, — Scomberoides, — Squamipennes* — und *Fistularides.*

In der zweiten, im Jahre 1829 erschienenen Ausgabe seines „Règne animal" blieb er dieser Eintheilung getreu und vermehrte nur die Zahl der Familien in seiner Ordnung der

Acanthopterygii, indem er nachstehende annimmt: *Percoides, — Cataphracti, — Sciaenides, — Sparoides, — Menides, — Squamipennes, — Scomberoides, — Taenioides, — Theutyes, — Labyrinthici, — Mugiloides, — Gobioides, — Pediculati, — Labroides* — und *Fistularides.*

Ich übergehe die Versuche, welche von C. Duméril, Blainville, Latreille, Goldfuss, Oken und Anderen zur Erzielung eines natürlichen ichthyologischen Systems gemacht wurden und beschränke mich auf die wichtigsten Verbesserungen, die von Agassiz und Johannes Müller, so wie von deren Nachfolgern an dem von Artedi aufgestellten und von Cuvier theilweise veränderten ichthyologischen Systeme vorgenommen wurden.

Der geniale Zoolog L. Agassiz schlug einen von dem bisher betretenen durchaus verschiedenen Weg ein, indem er in seinen zwischen den Jahren 1833—1843 erschienenen „Recherches sur les Poissons fossiles“ ein ichthyologisches System in Vorschlag brachte, das auf seither völlig unbeachtet gebliebenen, streng zoologischen Merkmalen und zwar auf der Beschaffenheit der Schuppen beruht.

Er stellte vier grosse Abtheilungen auf:

I. **Ctenoiden,** mit einfachen, von Strahlenfurchen und concentrischen Linien durchzogenen und am freien Rande gezähnelten Schuppen;

II. **Cycloiden,** mit ebensolchen, aber an ihrem freien Rande nicht gezähnelten, daher ganzrandigen Schuppen;

III. **Ganoiden,** mit von einer Schmelzlage überzogenen, meist rautenförmigen und in schrägen Querreihen vertheilten Schuppen, und

IV. **Placoiden,** mit knöchernen Bildungen von verschiedener Gestalt und Grösse auf der Oberfläche der Haut.

Es ist gewiss, dass auch diese Eintheilung sehr oft zu einer natürlichen Zusammenstellung der verschiedenen Formen führte, doch ebenso gewiss ist es auch, dass durch dieselbe in sehr vielen Fällen nicht nur das Band natürlicher Gruppen gewaltsam zerrissen wurde, sondern dass sich der Einreihung gewisser Formen in diese vier Gruppen häufig nicht zu bewältigende Schwierigkeiten in den Weg stellen.

Jedenfalls gebührt Agassiz aber das grosse Verdienst, auf Merkmale aufmerksam gemacht zu haben, welche bis dahin völlig unberücksichtigt geblieben sind und uns hierdurch auch ein Mittel an die Hand gegeben zu haben, über die natürliche Verwandtschaft der fossilen Formen mit den der lebenden Schöpfung angehörigen ein sicheres Urtheil fällen zu können.

Durch Aufstellung seiner grossen Abtheilung der Ganoiden hat er ermöglicht, mehreren Formen der Jetztwelt und einer sehr grossen Anzahl der Vorwelt, welche in keine der bisher von den Zoologen angenommen gewesenen Hauptabtheilungen naturgemäss eingereiht werden konnten, ihre natürliche Stellung im Systeme zu geben.

Johannes Müller, mehr Zootom als Zoolog und als solcher ein Stern erster Grösse unter seinen Fachgenossen, strebte darnach, die Mängel des Cuvier'schen und Agassiz'schen Systems zu verbessern und ein System zu schaffen, das vorzugsweise auf zootomischen Merkmalen beruht, da er diesen letzteren den Vorzug vor den zoologischen einräumen zu sollen glaubte.

Seine diesem Gegenstande gewidmete Abhandlung ist unter dem Titel „Über den Bau und die Grenzen der Ganoiden und über das natürliche System der Fische" im Jahrgange 1846 der Abhandlungen der Berliner Akademie zur Öffentlichkeit gelangt.

So wenig in Abrede gestellt werden kann, dass er sich durch seine umfangreichen, höchst genauen und sorgfältigen Untersuchungen eines reichen ihm zu Gebote gestandenen Materials ein sehr grosses Verdienst um die Wissenschaft erworben und unsere Kenntnisse bezüglich dieser Thierclasse wesentlich bereichert hat, ebenso wenig ist zu verkennen, dass das Fisch-System durch diese neue Anordnung nicht nur nicht viel an Natürlichkeit gewonnen, sondern an derselben sogar eine wesentliche Einbusse erlitten hat.

Johannes Müller nimmt sechs Ordnungen an:

I. **Leptocardii,** ohne ein eigentliches Skelet, nur mit einer knorpeligen Chorda dorsalis und einem über derselben liegenden, von einer häutigen Scheide umgebenen Rükkenmarke ohne Anschwellungen, ohne Gehirn, ohne Schädel, ohne eigentliches Herz, blos mit mehreren röhrenförmigen pulsirenden Gefässen, mit sogenanntem weissen oder farblosen Blute und Kiemen im vorderen Theile der Leibeshöhle;

II. **Marsipobranchii,** mit knorpeligem Skelete, einem Schädel ohne Abtheilungen, rundem Saugmunde, festgewachsenen Kiemen ohne Kiemenbogen, die sich in mehreren Öffnungen am Halse oder unter der Haut in einem gemeinschaftlichen Canale öffnen, einem Arterienstiele ohne Muskelbeleg mit zwei Klappen und ohne Schwimmblase;

III. **Elasmobranchii,** mit knorpeligem Skelete, einem Schädel ohne Abtheilungen, festgewachsenen Kiemen in besonderen Kiemensäcken ohne Kiemenbogen, die mit einer

oder auch fünf Öffnungen nach Aussen münden, meine Arterienstiele mit mehreren und meistens drei Klappenreihen, einer Spiralklappe im Darme und ohne Schwimmblase.

IV. **Ganoidei,** mit knorpeligem oder knöchernem Skelete, freien auf Kiemenbogen aufsitzenden Kiemen mit Kiemendeckel, einem muskulösen Arterienstiele mit vielen Klappen, einer Spiralklappe im Darme und einer Schwimmblase mit Luftgang:

V. **Teleostei,** mit knöchernem Skelete, freien auf Kiemenbogen aufsitzenden Kiemen mit Kiemendeckel, einem aus einer Vor- und Herzkammer bestehenden Herze, einem Arterienstiele mit zwei Klappen, keiner Spiralklappe im Darme und mit oder ohne Schwimmblase; und

VI. **Dipnoi,** mit Lungen und auf Kiemenbogen aufsitzenden Kiemen, durchgehenden und in die Mundhöhle mündenden Nasenlöchern, einem aus zwei vollkommen geschiedenen Vorkammern und einer Herzkammer bestehenden Herze, einem muskulösen Arterienstiele mit zwei Spiralfalten und einer Spiralklappe im Darme.

Die Ordnung der **Leptocardii** besteht nur aus der Familie der *Amphioxini,* welche blos eine einzelne Gattung mit einer einzigen Art enthält, nämlich *Branchiostoma.*

Die Ordnung der **Marsipobranchii** theilt Müller in zwei Gruppen, in:

1. **Hyperotreti,** mit der Familie *Myxinoidei,* und
2. **Hyperoartii,** mit der Familie *Petromyzonini.*

Die Ordnung **Elasmobranchii** zerfällt er in zwei Hauptgruppen:

1. **Holocephali,** mit der Familie *Chimaerae,* und
2. **Plagiostomi,** welche er wieder in zwei Abtheilungen scheidet, und zwar in:

   a) Squalidae mit den Familien *Scyllia, — Nyctitantes, — Lamnoidei, — Alopeciae, — Cestraciones, — Rhinodontes, — Notidani, — Spinaces, — Scymiondei* — und *Squatinae,* und

b) Rajidae, mit den Familien *Squantinorajae*, — *Torpedines*, — *Rajae*, — *Trygones*, — *Myliobatides* — und *Cephalopterae*.

Die Ordnung der **Ganoidei** theilt er gleichfalls in zwei grössere Gruppen, in:

1. **Chondrostei**, mit den beiden Familien *Acipenserini* — und *Spatulariae*, und
2. **Holostei**, mit den Familien *Lepidosteini*, — *Polypterini* — und *Amiae*.

Die Ordnung der **Teleostei** bringt er in sechs Hauptabtheilungen oder Unterordnungen:

1. **Acanthopteri**, mit den Familien *Percoidei*, — *Cataphracti*, — *Sparoidei* — und *Maenides*, — *Sciaenoidei*, — *Labyrinthici*, — *Mugiloides*, — *Notacanthini*, — *Scomberoidei*, — *Squamipennes*, — *Taenioidei*, — *Gobioidei* — und *Cyclopteri* — die er wieder in drei kleine Gruppen: *Gobioidi*, — *Discoboli* — und *Echeneidi* scheidet, — ferner *Blennioidei* — *Pediculati*, — *Theutyes* — und *Fistulariae*;
2. **Anacanthini**, mit den Familien *Gadoidei*, — *Ophidini* — und *Pleuronectidae*;
3. **Pharyngognathi**, die er in zwei Gruppen scheidet:
   a) Acanthopteri, mit den Familien *Labroides cycloidei*, — *Labroides ctenoidei* — und *Chromides*, und
   b) Malacopteri, mit der Familie *Scomberesoces*;
4. **Physostomi**, aus denen er zwei grosse Gruppen bildet, nämlich:
   a) Abdominales, mit den Familien *Siluroidei*, — die er in die beiden kleinen Gruppen *Siluri* — und *Loricariae* oder *Goniodontes* zerfällt, — ferner *Cyprinoidei*, — *Characini*, — *Cyprinodontes*, — *Mormyri*, — *Esocini*, — *Galaxiae*, — *Salmones*, — *Scopelini*, — *Clupeidae* — und *Heteropygii*, und
   b) Apodes, mit den Familien *Muraenoidei*, — *Gymnotini* und *Symbranchii*;
5. **Plectognathi**, mit den Familien *Balistini*, — *Ostracionini* — und *Gymnodontes*, und endlich
6. **Lophobranchii**, mit der Familie *Syngnathi*.

Die Ordnung der **Dipnoi** umfasst nur eine einzige Familie, die *Sirenoidei*, mit den beiden Gattungen *Lepidosiren* und *Rhinocryptis*.

Schon ein oberflächlicher Blick auf diese von Johannes Müller in Vorschlag gebrachte Anordnung genügt um zu sehen, dass dieselbe grossentheils eine künstliche und weit davon entfernt ist, Anspruch auf eine natürliche machen zu können.

Unter den von ihm aufgestellten Ordnungen sind es nur die Marsipobranchii, Elasmobranchii und Ganoidei, welche eine wahrhaft natürliche Zusammenstellung zunächst verwandter Formen enthalten.

Diese Formen waren aber auch schon im Cuvier'schen Systeme — mit Ausnahme der Ganoiden, von denen zu jener Zeit kaum geahnt worden war, dass sie eine der grossen selbstständigen Gruppen bilden würden und welche erst durch Agassiz's umfassende Untersuchungen einer so beträchtlichen Anzahl vorweltlicher Formen für die Systematik eine Bedeutung gewannen, — in der Ordnung der Chondropterygier natürlich aneinander gereiht.

Dagegen erweiset sich die Müller'sche Ordnung der Teleostei rücksichtlich ihrer Gliederung und der Aneinanderreihung der zu derselben gehörigen Formen noch weit unnatürlicher als diess im Cuvier'schen Systeme der Fall ist, und insbesondere sind es die Unterordnungen Acanthopteri, Pharyngognathi und Physostomi, in welchen die verschiedenartigsten Elemente bunt durcheinander gewürfelt sind.

Blos die Unterordnungen Anacanthini, Plectognathi und Lophobranchii bilden in der Ordnung der Teleostei natürlich abgegrenzte Gruppen.

Was endlich jene paradoxen Thierformen betrifft, welche die Repräsentanten der beiden Müller'schen Ordnungen der Leptocardii und Dipnoi betrifft, so ist es noch sehr problematisch, ob dieselben überhaupt mit Recht der Classe der Fische zugewiesen werden können und nicht vielmehr aus dieser Thierclasse ausgeschieden werden müssen.

Branchiostoma lubricum, auf das sich die Ordnung der Leptocardii gründet und welches von Pallas — der dieses Thier zuerst beschrieb, — für einen Mollusken, irrigerweise aber für eine zur Gattung *Limax* gehörige Form betrachtet

wurde, könnte meiner Ansicht nach nur dann für einen Fisch gelten, wenn nachgewiesen werden könnte, dass es kein vollkommen ausgebildetes Thier, sondern nur der Jugendzustand oder eine Quappe irgend einer Fischform sei, die ihre vollendete Gestalt noch nicht erreicht hat.

Einen vollkommen ausgebildeten Fisch ohne Skelet, ohne Spur eines Schädels, ohne Gehirn, ohne Herz und mit farblosem Blute, bin ich wenigstens nicht im Stande mir zu denken.

Es hiesse diess die wichtigsten Merkmale der Classe, einiger nur in primitivster Form auftretender zootomischer Charaktere wegen, vollständig vernichten.

Allerdings stehen der Einreihung dieses räthselhaften Thieres in die Classe der Mollusken ganz gewaltige Bedenken entgegen, doch sind dieselben nicht schwerer wiegend als jene, welche sich bei dessen Zutheilung zur Classe der Fische ergeben.

Die einem Gehirne nicht unähnlichen Kopfknoten des Nervensystems der höheren Bildungen unter den Cephalopoden, welche noch überdiess von einem knorpeligen Schädelrudimente umschlossen sind, bieten ebenso wenig ein Hinderniss, diese Thierclasse scharf von den Wirbelthieren zu trennen, als die rudimentäre Chorda dorsalis und der über derselben gelagerte, als Rückenmark gedeutete Nervenstrang ein solches darbieten könnte, diese so höchst merkwürdige Thierform, falls sie wirklich eine vollkommen ausgebildete sein sollte, in die Classe der Mollusken einzureihen.

Jedenfalls würde sie auch dort eine ganz besondere, isolirt stehende Familie bilden.

Ich enthalte mich hier eine Vermuthung auszusprechen, von welcher Fischform *Branchiostoma lubricum* vielleicht eine Quappe sein könnte, glaube aber nicht unterlassen zu dürfen, auf eine gewisse Formähnlichkeit hinzudeuten, welche dasselbe mit der Gattung *Leptocephalus* — einer sehr tief stehenden Form aus der Familie der *Helmichthyes*, — erkennen lässt.

Noch weniger aber als die Gattung *Branchiostoma* vermag ich die beiden Gattungen *Lepidosiren* und *Protopterus*, welche Müller's Ordnung der Dipnoi repräsentiren und denen er in seinem Fisch-Systeme die oberste oder höchste Stelle einräumt, als zu dieser Thierclasse gehörig zu betrachten.

Schon als ich gelegentlich der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Jena im Jahre 1836 in einem an den Grafen Caspar von Sternberg gerichteten Schreiben die erste Kunde von der Existenz der ersteren dieser beiden höchst merkwürdigen Thierformen gab, für welche ich den Namen „*Lepidosiren paradoxa*“ vorgeschlagen, konnte ich in derselben nur ein fischartiges Reptil erblicken, da die beiden deutlich ausgebildeten Lungen jeden Gedanken an eine Einreihung in die Classe der Fische in mir ausgeschlossen hatten, obgleich die Hautbeschaffenheit des Körpers von jener aller übrigen fischähnlichen Reptilien eine wesentliche Abweichung zeigte und lebhaft an die mancher Fischarten errinnerte, auch von solchen Zähnen in den Kiefern, wie sie ersteren zukommen, bei dieser Thierform keine Spur anzutreffen ist.

Dieser Ansicht blieb ich auch getreu, als Natterer — der sich meiner Anschauung angeschlossen hatte, — im Jahre 1837 im ersten Bande der „Annalen des Wiener Museums der Naturgeschichte“ eine genaue Beschreibung und Abbildung dieser zwischen den beiden Thierclassen der Reptilien und Fische schwankenden Art unter eben diesem von mir in Vorschlag gebrachten Namen veröffentlichte.

Beinahe gleichzeitig mit *Lepidosiren* wurde auch die ihr sehr nahe verwandte Gattung *Protopterus* durch Gray bekannt, die er, ohne jedoch die Athmungsorgane einer Untersuchung unterzogen zu haben, in die Classe der Fische einreihte. Bald wurden beide Formen zum Gegenstande umständlicher Untersuchungen und eingehender Erörterungen über deren richtige Stellung im Thier-Systeme bei den deutschen Naturforschern, und insbesondere waren es Theod. Ludw. Bischoff und Joh. Müller, welche hierin vorangingen. Beide erklärten dieselben ungeachtet der vorhandenen sehr ausgebildeten Lungen als zur Classe der Fische gehörig, und mit Ausnahme der französischen Naturforscher, schlossen sich fast alle Zoologen des europäischen Continents — wenngleich manche mit einigem Zweifel, — dieser Ansicht an.

Auch ich wurde in meiner früher ausgesprochenen Anschauung, doch nur auf kurze Zeit wankend gemacht und entschloss mich, in meinem im Jahre 1843 erschienenen „Systema

Reptilium die Gattung *Lepidosiren* und mit ihr auch Gray's *Protopterus*, den ich nicht für generisch verschieden von derselben hielt, aus der Classe der Reptilien auszuscheiden und in die Classe der Fische einzureihen, in welcher ich jedoch keine andere auch nur einigermassen für sie passende Stellung aufzufinden vermochte, als in der Reihe der Perognathen meines damaligen Systems, wo ich sie nach der Beschaffenheit ihrer Kiefer in die Ordnung der Gymnodonten einzuschalten versuchte.

Aber schon sehr bald überzeugte ich mich von der Unnatürlichkeit dieser Stellung und der Ungerechtfertigtheit dieses Versuches und kehrte zu meiner früheren Anschauung zurück, welcher zu Folge jene beiden Gattungen eine besondere Familie in der Ordnung der Ichthyodea unter den Reptilien bilden und als eine besondere Abtheilung zwischen die Derotremata und Anura, oder vielleicht noch besser hinter die Branchiata, an den Schluss dieser Ordnung zu stellen sind.

Diess ist auch heute noch meine Meinung, da Thiere, welche mittelst Lungen athmen, unter keiner Bedingung für Fische gelten können, es sei denn, dass man einiger untergeordneter zootomischer Charaktere wegen ein so wichtiges Merkmal, wie die Lungen sind, vollständig entwerthen und dadurch die einzige Scheidewand, welche die beiden Classen der Reptilien und Fische von einander trennt, gewaltsam niederreissen wolle, was ebenso viel bedeuten würde, als beide Thierclassen miteinander zu vereinigen.

Aber welche Merkmale sind es denn, die so schwer in die Wagschale fallen, um den beiden genannten Thierformen ein Anrecht zu geben, der Classe der Fische beigezählt zu werden? Etwa der abgesonderte unbewegliche Kiefer mit seinen verwachsenen Ober- und Zwischenkieferknochen, die inneren knorpeligen Kiemenbogen, oder der muskulöse und mit mehreren, die Klappen vertretenden Falten versehene Arterienstiel, die Spiralklappe im Darme, oder die Mündung der Harnleiter an der Hinterseite derselben?

Sind diese Merkmale etwa gewichtiger als die zelligen vollkommen ausgebildeten Lungen und das mit zwei unvollständig geschiedenen Vorkammern versehene Herz, und können sie etwa

desshalb den Ausschlag über die Stellung jener beiden Thierformen im Systeme geben, weil dieselben den übrigen uns seither bekannt gewordenen Reptilien mangeln?

Oder sind es die als Flossen gedeuteten unvollkommenen hinteren Extremitäten und die beiden Hautfäden, die sich hinter den Kiemenspalten befinden, welche dieselben unzweifelhaft als Fische erkennen lassen, oder wohl gar die Beschuppung des Körpers?

Treffen wir nicht auch schon bei mehreren anderen Formen unter den fischähnlichen Reptilien verkümmerte Extremitäten an, und haben jene von *Lepidosiren* und *Protopterus* auch nur die entfernteste Ähnlichkeit mit der Flosse eines Fisches, oder bietet die Gattung *Epicrium* aus der Abtheilung der Anura durch ihre sehr deutlich in regelmässige Schuppenfelder getheilte Haut etwa nicht schon eine Andeutung von Schuppen dar?

Alle diese hier angeführten Merkmale treten in den Hintergrund, wenn man die Beschaffenheit der beiden Hauptorgane der Athmung und des Kreislaufes in Betrachtung zieht, und schon aus diesem Grunde kann ich auch nicht von meiner Ansicht lassen, die aus den Gattungen *Lepidosiren* und *Protopterus* bestehende Müller'sche Ordnung der Dipnoi aus der Classe der Fische auszuscheiden und in die Classe der Reptilien zu übertragen.

Mag man auch immerhin desshalb mich tadeln — und dass diess geschehen wird, dessen bin ich bei der Richtung, welche die Coryphäen unter den Zoologen in der Neuzeit eingeschlagen, gewiss, — so vermag ich dennoch nicht einer Ansicht zu entsagen, welche tief in meiner Überzeugung wurzelt und die ich für eine richtige halte.

Selbst die erst in allerneuester Zeit bekannt gewordene, höchst merkwürdige, mit *Lepidosiren* und *Protopterus* zunächst verwandte Thierform, welche Kreeft im Jahrgange 1870 der „Proceedings of the Zoological Society with Illustrations" als eine zur Classe der Reptilien oder Amphibien gehörige Art unter dem Namen *Ceratodus Forsteri* beschrieben und abgebildet, — da er dieselbe der Gattung nach mit der von Agassiz aufgestellten und zur Familie der *Cestraciontes* gezählten fossilen Gattung *Ceratodus* für identisch hält, — kann mich, ungeachtet ihrer mehr

an die Fischform errinnernden Totalgestalt, in meiner hier ausgesprochenen Ansicht durchaus nicht wanken machen.

Ob übrigens das von Kreeft beschriebene Thier mit der Agassiz'schen Gattung *Ceratodus* wirklich identisch sei, möchte ich — obgleich dasselbe in der Gestalt der Zähne sehr grosse Ähnlichkeit mit dieser Gattung hat, — dennoch bezweifeln, da die Gattung *Ceratodus* nur in den ältesten Formationen angetroffen wird.

Auf mehrfache Mängel und mancherlei Unrichtigkeiten und Missgriffe im Müller'schen Systeme, insbesondere aber in seiner Ordnung der Teleostei, hat schon Canestrini in einer besonderen, im Jahrgange 1859 der Verhandlungen der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft erschienenen Abhandlung „Zur Kritik des Müller'schen Systems der Knochenfische" aufmerksam gemacht und vorzüglich auf die unzureichende und durchaus nicht probehältige Charakteristik seiner Abtheilung der Acanthopteri hingewiesen, so wie auf die höchst unnatürliche Zusammenstellung weit voneinander verschiedener Fischformen in seiner Abtheilung der Pharyngognathi.

Diese Mängel lassen sich hauptsächlich aus dem Standpunkte erklären, den der Schöpfer dieses Systems bei der Auffassung desselben eingenommen hat, indem er, seiner Lieblingswissenschaft, der Zootomie huldigend, der inneren Organisation und den aus ihr abgeleiteten Merkmalen ein weit höheres Gewicht beilegte, als dieselben verdienen, und die äusseren oder zoologischen Charaktere allzusehr vernachlässigte.

Wenn auch nicht zu läugnen ist, dass innere Merkmale von oft so grosser und zuweilen selbst von noch grösserer Wichtigkeit sein können als äussere, so steht andererseits doch auch fest und hat sich diess durch die Erfahrung bereits mehr als genügend als wahr und richtig erwiesen, dass beide oft mannigfaltigen Veränderungen unterworfen sind und auch nicht in allen Fällen gleichen Schritt miteinander halten.

Völlig verfehlt ist es aber, wenn man ein einzelnes Merkmal — sei es nun ein inneres oder äusseres, — hervorhebt, um auf dasselbe eine Eintheilnng was immer für einer Thierclasse zu gründen, und durchaus irrthümlich ist es, wenn man wähnt, eine natürliche Gruppirung hierdurch erzielen zu können.

Namentlich gilt diess im Müller'schen Systeme aber von der Schwimmblase der Fische und der Beschaffenheit der Schlundknochen, Merkmalen, auf welche Müller ein so grosses Gewicht legte und die nicht nur erwiesenermassen einer sehr bedeutenden Veränderlichkeit unterliegen, sondern selbst bei ganz nahe verwandten Formen verschieden, bei sehr entfernt stehenden aber völlig gleich sein können, oder wie diess mit der Schwimmblase der Fall ist, bei den allernächst mit einander verwandten Formen bald vorhanden sind, bald fehlen.

Canestrini war es auch, der zuerst darauf bedacht war, den Flossenbau der Fische einer eingehenderen Untersuchung zu unterziehen, um hierin ein Mittel zu finden, die Müller'sche Ordnung der Teleostei in natürlicher abgegrenzte Gruppen bringen zu können.

Seine Arbeit hierüber ist in einer besonderen, im Jahrgange 1859 der Verhandlungen der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft zur Öffentlichkeit gelangten Abhandlung „Über die Stellung der Helmichthyiden im Systeme" und in einer bald darauf in demselben Jahrgange dieser Schriften unter dem Titel „Zoologische Mittheilungen" erschienenen Abhandlung „Über die Aulostomiden" enthalten.

In der That ist es ihm auch gelungen, in Folge seiner über den Flossenbau angestellten Untersuchungen so manchen Mängeln im Müller'schen Systeme abzuhelfen, obgleich aus dem von ihm gewonnenen Resultate unzweifelhaft hervorgeht, dass der Flossenbau allein durchaus nicht genügt, besonders grosse oder Hauptgruppen auf denselben zu basiren.

Er bildete aus Müller's Ordnung der Teleostei sechs verschiedene Ordnungen:

I. **Aulostomidae** seu **Fistulariae**, mit einfachen ungegliederten und nicht verzweigten, am oberen Ende aber seitlich zusammengedrückten Strahlen in der Rückenflosse und röhrenförmigem Munde;

II. **Plectognathi,** für welche er jedoch keine besonderen Merkmale angegeben hat;

III. **Dermopteri,** mit beinahe homogenem Hautsaume an der Stelle einer Rückenflosse;

IV. **Haplopteri,** mit einfachen oder auch gegliederten, aber nicht verzweigten spitzen Strahlen in der Rückenflosse und durchaus gegliederten in den Bauchflossen;

V. **Dendropteri,** mit durchgehends gegliederten und verzweigten Strahlen in der Rückenflosse und den Bauchflossen; und

VI. **Acanthopteri,** mit einfachen nicht verzweigten spitzen Stachelstrahlen im vorderen Theile der Rückenflosse und der Bauchflossen.

Die Ordnung der **Aulostomidae** seu **Fistulariae** theilt er in zwei Unterordnungen:

1. **Lophobranchii,** und
2. **Aulostomi.**

Die Ordnung der **Plectognathi** bringt er gleichfalls in zwei Unterordnungen:

1. **Gymnodontes,** und
2. **Sclerodermi.**

Die Ordnung der **Dermopteri** trennt er ebenso in zwei Unterordnungen:

1. **Symbranchii,** und
2. **Muraenoidei.**

Der Ordnung der **Haplopteri** theilt er nachstehende Familien zu: *Helmichthyides, — Taenioidae, — Ophidini, — Gobioidi, — Blennioidi, — Batrachoidi* — und *Pleuronectidae.*

Zur Ordnung der **Dendropteri** zählt er die Familien: *Gymnotini, — Loricarinae, — Silurioidei, — Mormyrini, — Cyprinoidei, — Acanthopsides, — Cyprinodontes, — Characini. — Salmonoidei, — Esocini, — Scomberesoces* — und *Clupeoidei.*

In die Ordnung der **Acanthopteri** reiht er nachstehende Familien ein: *Chromides, — Pomacentrini, — Labroidei, — Theutides, — Squamipennes, — Scomberoidei, — Sparoidei, — Mugilini, — Cataphracti, — Mullini* — und *Percoidei.*

Günther, welcher die Classe der Fische in seinem zwischen den Jahren 1859—1870 erschienenen „Catalogue of the Fishes in the British Museum" einer umfassenden und höchst

umständlichen Bearbeitung unterzogen, stellte zwar kein neues System auf, sondern legte seiner Arbeit das Müller'sche zu Grunde, nahm aber vielfältige und zum Theile höchst wichtige Veränderungen in der Begrenzung der einzelnen Familien vor, wodurch so manchen Mängeln abgeholfen und eine nicht unbeträchtliche Anzahl von Familien weit schärfer begrenzt wurde, als diess bisher in den Systemen von Cuvier und Müller der Fall war.

Höchst wichtige Andeutungen über die gegenseitige Verwandtschaft so mancher in den bisherigen Systemen oft weit auseinander gestellten Formen hat auch mein der Wissenschaft viel zu früh durch den Tod entrissener College Kner gegeben, der den grössten Theil seines Lebens beinahe ausschliesslich dem ichthyologischen Studium zugewendet und durch seine zahlreichen und gediegenen Arbeiten auf diesem Gebiete sich ein unvergängliches Verdienst um diesen Zweig der Zoologie erworben.

Seine sorgfältigen und höchst genauen Untersuchungen „Über den Flossenbau der Fische" — welche in den Sitzungsberichten der kais. Akademie der Wissenschaften zwischen den Jahren 1861—1862 veröffentlicht wurden, — geben ein deutliches Bild und den unwiderlegbaren Beweis von dem allmähligen Übergange der einfachsten Faserstrahlen zu den ungegliederten und gegliederten weichen Strahlen, so wie der ersteren zu den harten Dorn- und den eigentlichen, von einem Canale durchzogenen Stachelstrahlen, woraus klar ersichtlich wird, dass diese Merkmale in einem natürlichen Systeme durchaus nicht zu einer scharfen Abgrenzung der Hauptgruppen ausreichen und nur bei den höchsten Bildungen der Fische zu einer Bedeutung gelangen und als Merkmale einzelner grösserer, aber untergeordneter Gruppen benützt werden können.

Troschel machte den Versuch, die aus den Untersuchungen von Kner über den Flossenbau der Fische hervorgegangenen Resultate im Müller'schen Systeme zur Anwendung zu bringen und auf diese Weise dasselbe zu verbessern, indem er in der 1871 erschienenen siebenten Auflage seines Werkes „Handbuch der Zoologie" eine Classification der Fische veröffentlichte, in welcher die von ihm hiernach vorgenommenen Veränderungen enthalten sind.

So wie **Müller**, nimmt auch er sechs Ordnungen in dieser Thierclasse an, die mit den Müller'schen vollkommen identisch sind, von welchen er jedoch zwei mit anderen Namen bezeichnete. Diese Ordnungen sind:

I. **Dipnoi, Lungenfische,**

II. **Teleostei, Knochenfische,**

III. **Ganoidei, Ganoidfische,**

IV. **Selachii,** der Müller'schen Ordnung Elasmobranchii entsprechend,

V. **Cyclostomi, Rundmäuler,** mit der Ordnung Marsipobranchii von Müller identisch, und

VI. **Leptocardii.**

Die Ordnung der **Dipnoi,** welcher er die oberste Stelle im Systeme einräumt, ist durch die Familie der *Sirenoidei* repräsentirt.

Die Ordnung der **Teleostei** scheidet er in vier Unterordnungen mit folgenden Merkmalen:

1. **Anarthropteri, Hartflosser.** Vordere Strahlen der Rückenflosse ungegliedert, spitz; Kiemen kammförmig, Oberkiefer und Zwischenkiefer nicht verwachsen;

2. **Arthropteri, Weichflosser.** Alle Strahlen der Rückenflosse gegliedert; Kiemen kammförmig; Oberkiefer und Zwischenkiefer nicht verwachsen;

3. **Plectognathi, Haftkiefer.** Oberkiefer mit dem Zwischenkiefer unbeweglich verwachsen; Kiemen kammförmig; und

4. **Lophobranchii, Büschelkiemer.** Kiemen büschelförmig; Körper mit Schienen gepanzert.

Die Unterordnung der **Anarthropteri** bringt er wieder in zwei Abtheilungen:

a) **Acanthopteri, Stachelflosser.** Vordere Strahlen der Rückenflosse wahre Stacheln, mit hohlem Canale; mit den Familien: *Percoidei, — Berycidae, — Uranoscopidae, — Polynemidae, — Sphyraenidae, — Cataphracti, — Gasterostei, — Sciaenoidei, — Pristipomatidae, — Cirrhitidae, — Sparoidei, — Mulloidei, — Squamipennes, — Labyrinthici, — Mugi-*

loidei, — Scomberoidei, — Trichiuridae, — Teuthyes, — Labridae, — Holconoti, — Pomacentridae — und *Chromides;* und

b) **Haplopteri, Dornflosser.** Vordere Strahlen der Rückenflosse Dornen, ohne hohlen Kanal; mit den Familien: *Notacanthini, — Taenioidei, — Helmichthyidei, — Gobioidei, — Discoboli, — Blennioidei, — Pediculati* — und *Aulostomi.*

Die Unterordnung der **Arthropteri** zerfällt er in drei Abtheilungen:

a) **Anacanthini.** Bauchflossen an der Kehle oder an der Brust oder fehlen; kein Luftgang der Schwimmblase; untere Schlundknochen getrennt; mit den Familien: *Gadoidei, — Ophidini* — und *Pleuronectae;*

b) **Scomberesoces.** Bauchflossen abdominal; kein Luftgang der Schwimmblase; untere Schlundknochen vereinigt; mit der einzigen Familie: *Scomberesoces;* und

c) **Physostomi.** Bauchflossen abdominal oder fehlen; Schwimmblase mit Luftgang; untere Schlundknochen getrennt.

Diese letztere Abtheilung scheidet er in zwei Gruppen:

α) *Physostomi abdominales.* Bauchflossen vorhanden; mit den Familien: *Siluroidei, — Cyprinoidei, — Cyprinodontes, — Characini, — Scopelini, — Salmones, — Esoces, — Mormyri, — Clupeoidei* — und *Heteropygii;* und

β) *Physostomi apodes.* Bauchflossen fehlen; mit den Familien: *Gymnotini, — Muraenoidei* — und *Symbranchii.*

Die Unterordnung der **Plectognathi** umfasst nur die beiden Familien: *Gymnodontes* — und *Sclerodermi.*

Die Unterordnung der **Lophobranchii,** die Familien: *Syngnathoidei, — Solenostomatoidei* — und *Pegasoidei.*

Die Ordnung der **Ganoidei** trennt er in zwei Unterordnungen mit nachstehenden Merkmalen:

1. **Holostei, Knochenganoiden.** Das Skelet ist ganz knöchern, der Körper mit Schuppen bedeckt; mit den Familien: *Lepidosteini, — Polypterini* — und *Amiadae;* und
2. **Chondrostei, Knorpelganoiden.** Das Skelet zum Theil knorpelig, der Körper mit Knochenschildern bekleidet oder ganz nackt; mit den beiden Familien: *Acipenserini* — und *Spatularidae.*

Die Ordnung der **Selachii** spaltet er gleichfalls in zwei Unterordnungen:

1. **Plagiostomi, Quermäuler.** Maul unter der Schnauze quer; Oberkiefer und Gaumenapparat am Schädel beweglich; fünf unbedeckte Kiemenlöcher; mit den Familien: *Squali* — und *Rajae;* und
2. **Holocephala;** Mund klein; Oberkiefer und Gaumenapparat mit dem Schädel verschmolzen; nur eine Kiemenöffnung; Augen ohne Augenlieder; mit der Familie: *Chimaerae.*

Die Ordnung der **Cyclostomi** umfasst die beiden Familien: *Hyperoartia* — und *Hyperotreta,* und

die Ordnung der **Leptocardii,** die einzige Familie der *Amphioxini.*

Vergleicht man die von Troschel befolgte Eintheilung mit jener von Johannes Müller, so ergibt sich, dass dieselbe blos bezüglich der Ordnung der Teleostei von dieser abweicht.

Dass jedoch auch durch diese neue, auf den Flossenbau gestützte Eintheilung das längst angestrebte Ziel einer natürlichen Gruppirung der Knochenfische nicht erreicht wurde, zeigt schon ein flüchtiger Überblick der den einzelnen Abtheilungen zugewiesenen Familien und ihrer Aneinanderreihung, was als ein neuerlicher Beweis dafür gilt, dass der Flossenbau allein nicht zureicht, um die ihren äusseren Merkmalen zu Folge zusammengehörigen Formen, ohne Einmengung fremdartiger Elemente, in natürlich abgegrenzten Gruppen zu vereinigen.

Vor vielen Jahren schon und lange bevor Canestrini und Kner ihr Augenmerk auf die mannigfaltigen Verschiedenheiten in der Struktur der Flossenstrahlen der Fische gerichtet und sich eine genauere Untersuchung des Flossenbaues derselben zur Aufgabe gestellt hatten, war ich von der Überzeugung durch-

drungen, dass an die Zustandebringung eines natürlichen Fisch-Systems in so lange nicht gedacht werden könne, als man an den beiden alten, schon von Artedi aufgestellten grossen Abtheilungen der Acanthopterygii und Malacopterygii festhalten würde, da bei einer consequenten Durchführung der diesen beiden Abtheilungen zukommenden Charaktere die verschiedenartigsten Formen in unnatürlicher Weise mit einander vereinigt werden müssten.

In Folge dieser Überzeugung habe ich — wie diess aus meinem schon im Jahre 1843 veröffentlichten Classifications-Entwurfe deutlich zu ersehen ist, — jene zur allgemeinen Giltigkeit gelangte Artedi'sche Eintheilung vollständig aufgegeben und nur bei Charakterisirung untergordneter Gruppen in ganz verschiedenen Hauptabtheilungen in Anwendung gebracht.

Bevor ich mich dem eigentlichen Gegenstande dieser Abhandlung, nämlich dem von mir beantragten und zum Theile auf einer völlig verschiedenen Basis ruhenden Fisch-Systeme zuwende, liegt mir ob, die Grundsätze näher zu bezeichnen, die mich bei der Aufstellung desselben geleitet haben.

In der natürlichen Anordnung der organischen Körper besteht eine bestimmte Gesetzmässigkeit, welche nicht leicht zu verkennen ist und durchaus nicht geläugnet werden kann, daher sich bei einem natürlichen Systeme die nach ihrer grössten Ähnlichkeit und Verwandtschaft aneinandergereihten Formen gleichsam von selbst in verschiedene Gruppen scheiden und auch die Zahl dieser Gruppen, eben weil ihre Umgrenzung auf einem besonderen Gesetze beruht, auf's Bestimmteste vorgezeichnet ist und nicht der Willkühr anheim gestellt werden darf.

Diese Gesetzmässigkeit, welche im ganzen Thier- und Pflanzenreiche deutlich ausgesprochen ist, gestattet dem Systematiker, dem es um die Herstellung eines natürlichen Systems zu thun ist, durchaus nicht, bei den vier Classen der Wirbelthiere mehr oder auch weniger als fünf grosse Gruppen anzunehmen, welche parallele Reihen bilden und die gegenseitige Verwandtschaft der zu denselben gehörigen Formen in aufsteigender Linie erkennen lassen, während die Parallel-Verwandtschaften sich in den coordinirten Reihen kundgeben.

Jede dieser fünf parallelen Reihen enthält bei allen vier Classen der Wirbelthiere eine durch die den einzelnen dahin gehörigen Thierformen zukommenden Merkmale scharf abgegrenzte Gruppe; doch ist es — und insbesondere bei den rücksichtlich ihrer Organisation höher stehenden Bildungen — in manchen Fällen äusserst schwierig, ein einzelnes durchgreifendes und allen zur selben Gruppe gehörigen Formen zukommendes Merkmal zu einer scharfen Charakterisirung aufzufinden, da dieselben in den mannigfaltigsten Combinationen auftreten, und sehr oft ist es nur ein unscheinbares Kennzeichen, auf welchem der wesentlichste Unterscheidungscharakter dieser fünf Hauptgruppen beruht.

Diess ist auch um so erklärlicher, als jede dieser Parallelreihen Thierformen enthält, die ihrer Ähnlichkeit und natürlichen Verwandtschaft zu Folge aneinandergereiht werden müssen, die aber rücksichtlich ihrer Ausbildung auf durchaus verschiedenen Höhestufen stehen.

Es ist diess aber nicht nur bei den fünf Hauptreihen der Fall, sondern auch bei den gleichfalls auf ein durchgreifendes Gesetz begründeten drei Ordnungen, in welche jede dieser Reihen zerfällt und von denen die erste jene Formen enthält, welche die höchste Stufe in den einzelnen Thierreihen einnehmen, die dritte jene, welche die tiefste Stufe in denselben darstellen, während die zweite die Mittelglieder zwischen diesen beiden umfasst.

Ein System, welches sich auf diese Principien gründet, ist ein natürliches und zugleich auch genetisches, da es nicht blos wahrhaft natürlich verwandte Formen in abgeschlossenen grossen Gruppen vereint, sondern auch das allmählige stufenweise Fortschreiten tiefer stehender Bildungen zu den höheren anschaulich macht.

Nur auf diesem Wege ist es möglich, zu einem sicheren Ziele zu gelangen, und alle jene, welche von demselben abweichen und willkührlich die Zahl der Ordnungen, ja selbst der Classen vermehren — wie diess in neuester Zeit leider nur allzu häufig geschieht, — zerstören gewaltsam die wahrhaft bewundernswerthe Harmonie, welche in der gesammten Natur im Grössten wie im Kleinsten, in unverkennbarer Weise ausgesprochen ist.

Der erste Entwurf zu dem ichthyologischen Systeme, das ich hier der Beurtheilung meiner Fachgenossen übergebe und welches ich nur als einen Versuch angesehen zu wissen wünschte, rührt schon aus einer früheren Zeit und zwar aus dem Jahre 1835, wo mir noch die Obhut über die Abtheilung der Fische am k. k. Hof-Naturalien-Cabinete zu Wien, deren wissenschaftliche Verwaltung ich seit dem Jahre 1817 zu besorgen hatte, übertragen gewesen war.

Ich habe an diesem Entwurfe seitdem nur wenige erhebliche Veränderungen vorgenommen, und zwar blos solche, welche durch mittlerweile bekannt gewordene Entdeckungen und neuere Erfahrungen nothwendig geworden sind.

Einen kurzen Überblick über dieses System veröffentlichte ich in der Einleitung zu meinem schon im Jahre 1843 erschienenen „Systema Reptilium", in welchem ich — von der Überzeugung durchdrungen, dass meine oben ausgesprochene Ansicht über die Anforderungen an ein natürliches und genetisches Thier-System und dessen Zustandebringung eine richtige sei, — eine auf jene Grundsätze basirte Classification der vier Classen der Wirbelthiere versuchte und jede derselben in fünf parallele Reihen und diese wieder jede in drei Ordnungen theilte.

Diese Eintheilung der Classe der Fische war folgende:

I. Reihe.	II. Reihe.	III. Reihe.
Chondropterygii.	**Ganoidei.**	**Perognathi.**
1. Ord. **Cyclostomata.**	1. Ord. **Heterocerci.** *(Palaeonisci* et *Diplopteri.)*	1. Ord. **Gymnodontes.**
2. Ord. **Plagiostomata.**	2. Ord. **Homocerci.** *(Lepidotoidei* et *Tetragonuroidei.)*	2. Ord. **Cataphracti.** *(Ostraciontes.)*
3. Ord. **Branchiostegi.** *(Spatulariae* et *Acipenseres.)*	3. Ord. **Siluroidei.** *(Lophobranchii* et *Cteno-branchii.)*	3. Ord. **Sclerodermata.** *(Balistoidea* et *Aluteroidea.)*

IV. Reihe.	V. Reihe.
Cycloidei.	**Ctenoidei.**
1. Ord. **Batrachoidei.** *(Discoboli* et *Blennioidei.)*	1. Ord. **Cephalotae.** *(Cotti* et *Gobii.)*
2. Ord. **Platycephali.** *(Saurocephali, Ophiocephali, Gadi* et *Echeneidae.)*	2. Ord. **Heterosomata.** *(Pleuronectae.)*
3. Ord. **Orthosomata.** *(Cyprinacea, Mugilina* et *Scombrina.)*	3. Ord. **Normales.** *(Centriscini* et *Percacei.)*

Auch in seiner jetzigen Gestalt bietet mein Versuch eines natürlichen Fisch-Systems keine auffallende Verschiedenheit von seiner ursprünglichen Form dar, wie diess aus einer gegenseitigen Vergleichung sich ergeben wird.

Ich gebe hier einen Überblick meines Versuches einer natürlichen Classification der Fische unter Angabe der den grösseren Gruppen, nämlich den fünf Parallel-Reihen und den drei Ordnungen derselben zukommenden Merkmale und füge jeder derselben — in soweit mir diess nach den in meinem dermaligen Aufenthaltsorte zu Gebote gestandenen Hilfsmitteln möglich war, — eine Aufzählung der dahin gehörigen Familien und der zu diesen einzureihenden Gattungen bei, wohl wissend, dass diese Aufzählung keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen könne, da viele jener Familien in neuerer und neuester Zeit oft in mehrere zerfällt worden sind und ich mir nicht jene Hilfsquellen verschaffen konnte, um auch diese neu aufgestellten Familien in jene Übersicht einzureihen.

Aus demselben Grunde kann ich auch nicht überall für die Richtigkeit der Zuweisung der aufgezählten einzelnen Gattungen in den von mir namhaft gemachten Familien einstehen und muss daher meine Fachgenossen um Nachsicht bitten, wenn sich vielleicht hie und da Unrichtigkeiten oder Irrthümer eingeschlichen haben sollten.

Vorzüglich muss ich diese Nachsicht aber bezüglich der nur im fossilen Zustande bekannten Gattungen in Anspruch nehmen, welche ich gleichfalls in jene Familien einzureihen versuchte.

Dem Hauptzwecke glaube ich indess vollständig entsprochen zu haben und auch der Wahrheit näher gekommen zu sein, als diess bisher gelungen war.

I. Reihe. REGELMÄSSIGE FISCHE *(ORTHOCORMI)*.

Die Kiemen sitzen auf Kiemenbogen auf, sind kammförmig und an der Spitze frei, und von einem freiliegenden, bisweilen von der Haut umhüllten Kiemendeckel, nebst einem besonderen Unterdeckel überdeckt. Die Kiemenspalten öffnen sich an den Seiten des Kopfes und sind mehr oder weniger weit, oder eng und spaltförmig. Der Leib ist stärker oder schwächer zusammengedrückt, oder auch gerundet, und mit dünnen harten und von keiner Schmelzlage überzogenen hornartigen, oder auch stärkeren knochenartigen, seltener dagegen mit weichen häutigen, in Längs- oder auch schiefen Querreihen liegenden Schuppen bedeckt, oder mit hornigen schildähnlichen Schienen oder Platten besetzt, bisweilen aber auch vollständig kahl. Der Kopf ist mehr oder weniger schmal, stärker oder schwächer zusammengedrückt und oben abgerundet, mit symmetrisch gestellten Augen. Die Schuppen sind entweder rundlich, zahn- oder ganzrandig und von Strahlenfurchen und concentrischen Linien durchzogen, oder auch verschoben viereckig, zahnrandig, mit parallel verlaufenden Furchen.

Das Skelet ist hart- oder weichknochig, der Schädel mit Nähten versehen. Die Oberkieferknochen sind beweglich und Ober- und Zwischenkiefer voneinander getrennt, selten aber unbeweglich miteinander verwachsen. Der Arterienstiel ist mehr oder weniger muskulös und am Grunde mit zwei Klappen versehen. Im Darme befindet sich keine Spiralklappe. Die Sehnerven kreuzen sich übereinander. Eine Schwimmblase ist entweder vorhanden und bald geschlossen, bald mit einem Luftgange versehen, oder fehlt auch gänzlich.

1. Ord. **Brustflosser** (*Thoracopteri*).

Die vorderen oder auch sämmtliche Strahlen der Rückenflosse sind einfache ungegliederte, mehr oder weniger harte oder auch biegsame Stachelstrahlen. Die Bauchflossen stehen entweder unter, oder dicht vor oder hinter den Brustflossen, oder auch unter der Kehle und fehlen bisweilen gänzlich. Brustflossen sind immer vorhanden, die Afterflosse fehlt zuweilen. Der Kiemendeckel ist freiliegend, die Kiemenspalten sind mehr oder weniger weit. Der Leib ist stärker oder schwächer zusammengedrückt, seltener dagegen gerundet, und mit rundlichen, dünnen harten hornartigen, oder auch stärkeren knochenartigen, in Längsreihen stehenden zahn- oder ganzrandigen Schuppen bedeckt, oder mit hornigen schildähnlichen Platten besetzt, und zuweilen auch vollständig kahl. Die Nasenlöcher sind getrennt und münden nicht in die Mundhöhle.

Eine Schwimmblase ist vorhanden und geschlossen, oder fehlt auch gänzlich.

1. Fam. *Beryces.*

Rec. Gatt. *Rhynchichthys, — Holocentrum, — Myripristis, — Beryx, — Trachichthys.*

Foss. Gatt. *Pristigenys, — Hoplopteryx, — Sphenocephalus, — Acanus, — Acrogaster, — Podocys.*

2. Fam. *Percae.*

Rec. Gatt. *Grammistes, — Percichthys, — Boleosoma, — Aspro, — Asproperca, — Sillago, — Centropomus, — Cnidon, — Huro, — Perca, — Labrax, — Lateolabrax, — Lates, — Apostata, — Percilia, — Etelis, — Niphon, — Lucioperca, — Percalabrax, — Percarina, — Psammoperca, — Acerina.*

Foss. Gatt. *Cyclopoma.*

3. Fam. *Centropristae.*

Rec. Gatt. *Centropristis, — Aulacocephalus, — Apsilus, — Arripis, — Glaucosoma, — Polyprion, — Priacanthus, — Grystes, — Rhypticus.*

4. Fam. *Helotae.*

Rec. Gatt. *Therapon*, — *Pelates*, — *Dules*, — *Helotes*, — *Datnia*, — *Datnioides*.

5. Fam. *Serrani.*

Rec. Gatt. *Serranus*, — *Anthias*, — *Diplectron*, — *Mesoprion*, — *Plectropoma*, — *Diacope*, — *Aprion*.

6. Fam. *Pomotae.*

Rec. Gatt. *Pomotis*, — *Bryttus*, — *Pomanotis*, — *Pomoxis*, — *Centrarchus*, — *Aphrodederus*, — *Pentaceros*, — *Anoplus*.

7. Fam. *Apogones.*

Rec. Gatt. *Apogon*, — *Apogonichthys*, — *Cheilodipterus*, — *Acropoma*, — *Diploprion*, — *Pomatomus*, — *Enoplosus*, — *Bogoda*, — *Microichthys*, — *Priopis*, — *Ambassis*, — *Scombrops*, — *Trichodon*.

Foss. Gatt. *Smerdis*.

8. Fam. *Nandi.*

Rec. Gatt. *Nandus*, — *Catopra*, — *Badis*, — *Monocirrhus*.

9. Fam. *Cirrhitae.*

Rec. Gatt. *Cirrhites*, — *Cirrhitichthys*, — *Oxycirrhites*, — *Cheilodactylus*, — *Aplodactylus*, — *Latris*.

10. Fam. *Ditremata.*

Rec. Gatt. *Ditrema*, — *Hysterocarpus*.

11. Fam. *Labri.*

Rec. Gatt. *Labrus*, — *Ctenolabrus*, — *Crenilabrus*, — *Cossyphus*, — *Cheilio*, — *Cheilinus*, — *Tautoga*, — *Julis*, — *Halichoeres*, — *Anampsis*, — *Coricus*, — *Clepticus*, — *Xirichthys*, — *Novacula*, — *Epibulus*, — *Lachnolaemus*, — *Gomphosus*.

12. Fam. *Scari.*

Rec. Gatt. *Scarus*, — *Callyodon*, — *Odax*.

13. Fam. *Pomacentri.*

Rec. Gatt. *Amphiprion, — Premnas, — Pomacentrus, — Dascyllus, — Glyphisodon, — Heliases.*

14. Fam. *Cichlae.*

Rec. Gatt. *Etroplus, — Acara, - Cichla, — Crenicichla, — Pterophyllum, — Geophagus, — Uaru, — Symphisodon, — Heros, — Chaetobranchus, — Batrachops, — Chromis.*

15. Fam. *Pseudochromae.*

Rec. Gatt. *Malacanthus, — Cichlops, — Pseudochromis, — Plesiops.*

16. Fam. *Pristipomata.*

Rec. Gatt. *Haemulon, — Lobotes, — Pristipoma, — Diagramma, — Scelopsis.*

Foss. Gatt. *Odonteus.*

17. Fam. *Sciaenae.*

Rec. Gatt. *Sciaena, — Otolithus, — Corvina, — Umbrina, — Boridia, — Eques, — Lonchurus, — Pogonias, — Micropogon, — Ancylodon.*

18. Fam. *Maenae.*

Rec. Gatt. *Gerres, — Smaris, — Maena, — Caesio.*

19. Fam. *Spari.*

Rec. Gatt. *Pagellus, — Pagrus, — Chrysophrys, — Charax, — Sparus, — Dentex, — Lethrinus, — Cantharus, — Box, — Oblata.*

Foss. Gatt. *Sparnodus.*

20. Fam. *Mulli.*

Rec. Gatt. *Upeneoides, — Upeneus, — Mulloides, — Mullus.*

21. Fam. *Anabates.*

Rec. Gatt. *Spirobranchus*, — *Ctenopoma*, — *Anabas*, — *Polyacanthus*, — *Helostoma*, — *Colisa*, — *Macropodus*, — *Osphronemus*, — *Sphaerichthys*, — *Trichopodus*, — *Trichopsis*, — *Betta*.

22. Fam. *Acanthuri.*

Rec. Gatt. *Prionodus*, — *Axinurus*, — *Naseus*, — *Prionurus*, — *Acronurus*, — *Acanthurus*, — *Amphacanthus*.

23. Fam. *Chaetodontes.*

Rec. Gatt. *Scatophagus*, — *Ephippus*, — *Pygaeus*, — *Drepane*, — *Chaetodon*, — *Chelmon*, — *Holacanthus*, — *Pomacanthus*, — *Pimelepterus*, — *Dipterodon*, — *Heniochus*, — *Zanclus*, — *Platax*, — *Psettus*.

Foss. Gatt. *Semiophorus*, — *Teratichthys*, — *Macrostoma*.

24. Fam. *Toxotae.*

Rec. Gatt. *Toxotes*.

25. Fam. *Pempherae.*

Rec. Gatt. *Pempheris*.

26. Fam. *Stromatei.*

Rec. Gatt. *Stromateus*, — *Rhombeus*, — *Luvarus*, — *Peprilus*, — *Seserinus*.

27. Fam. *Coryphaenae.*

Rec. Gatt. *Centrolophus*, — *Lampugus*, — *Coryphaena*, — *Caranxomorus*, — *Pteraclis*, — *Brama*.

28. Fam. *Temnodontes.*

Rec. Gatt. *Temnodon*, — *Psenes*.

29. Fam. *Cyrti.*

Rec. Gatt. *Cyrtus*.

30. Fam. *Equulae.*

Rec. Gatt. *Zeus*, — *Capros*, — *Equula.*

Foss. Gatt. *Hemirrhynchus*, — *Palaeorrhynchum*, — *Acanthonemus.*

31. Fam. *Meneae.*

Rec. Gatt. *Menea.*

32. Fam. *Caranges.*

Rec. Gatt. *Trachurus*, — *Caranx*, — *Selar*, — *Carangichthys*, — *Magalaspis*, — *Leioglossus*, — *Carangoides*, — *Leptaspis*, — *Seriola*, — *Micropteryx*, — *Argyreiosus*, — *Vomer*, — *Hynnis.*

Foss. Gatt. *Carangopsis*, — *Gastronemus*, — *Amphistium*, — *Isurus*, — *Pleionemus.*

33. Fam. *Chorinemi.*

Rec. Gatt. *Lichia*, — *Lactarius*, — *Chorinemus*, — *Tranchynotus*, — *Blepharis*, — *Scyris*, — *Gallichthys.*

Foss. Gatt. *Ductor*, — *Archaeus*, — *Palimphyes.*

34. Fam. *Naucratae.*

Rec. Gatt. *Naucrates*, — *Elacata*, — *Lampris.*

35. Fam. *Scombri.*

Rec. Gatt. *Scomber*, — *Thynnus*, — *Orcynus*, — *Auxis*, — *Sarda.*

36. Fam. *Nomei.*

Rec. Gatt. *Nomeus*, — *Gastroschisma.*

37. Fam. *Xiphiae.*

Rec. Gatt. *Histiophorus*, — *Tetrapturus*, — *Xiphias.*

Foss. Gatt. *Coelorrhynchus.*

38. Fam. *Argyropelecoi.*

Rec. Gatt. *Sternoptyx*, — *Argyropelecus.*

39. Fam. *Monocentrae.*

Rec. Gatt. *Monocentris.*

40. Fam. *Gasterostei.*

Rec. Gatt. *Oreosoma,* — *Gasterosteus,* — *Spinachia.*

41. Fam. *Thyrsitae.*

Rec. Gatt. *Thyrsites,* — *Gempylus.*

42. Fam. *Mastacembli.*

Rec. Gatt. *Rhynchobdella,* - - *Mastacemblus.*

43. Fam. *Cepolae.*

Rec. Gatt. *Cepola,* — *Gymnetrus,* — *Stylophorus,* — *Xiphirichthys,* — *Trachypterus.*

44. Fam. *Lophotae.*

Rec. Gatt. *Lophotes.*

45. Fam. *Lepidopodes.*

Rec. Gatt. *Lepidopus.*

46. Fam. *Trichiuri.*

Rec. Gatt. *Trichiurus.*

Foss. Gatt. *Nemopteryx,* — *Xiphopterus,* — *Anenchelum.*

47. Fam. *Helmichthyes.*

Rec. Gatt. *Leptocephalus,* — *Oxystomus,* — *Helmichthys.*

2. Ord. **Trugbauchflosser (*Pseudogastropteri*).**

Die vorderen oder auch sämmtliche Strahlen der Rückenflosse sind einfache ungegliederte, mehr oder weniger harte Stachelstrahlen. Die Bauchflossen stehen weit hinter den Brustflossen. Brustflossen und Afterflosse sind immer vorhanden. Der Kiemendeckel ist freiliegend, die Kiemenspalten sind mehr oder weniger weit, oder eng und spaltförmig. Der Leib ist stärker oder schwächer zusammengedrückt oder auch gerundet, und bald mit rundlichen, dünnen harten hornartigen und in Längs-

reihen stehenden zahn- oder ganzrandigen, bald mit verschoben viereckigen und in schiefen Querreihen liegenden zahnrandigen Schuppen bedeckt, oder mit hornigen schildähnlichen Schienen besetzt, und zuweilen auch vollständig kahl. Die Nasenlöcher sind getrennt und münden nicht in die Mundhöhle.

Eine Schwimmblase ist vorhanden und geschlossen, oder fehlt auch gänzlich.

1. **Fam.** ***Polynemi.***

   Rec. Gatt. *Polynemus.*

2. **Fam.** ***Sphyraenae.***

   Rec. Gatt. *Sphyraena.*

   Foss. Gatt. *Sphyraenodus, — Saurocephalus, — Saurodon, — Enchodus, — Cladocyclus, — Ramphognathus, — Mesogaster.*

3. **Fam.** ***Mugiles.***

   Rec. Gatt. *Mugil, — Cestris, — Nestis, — Dajaus.*

4. **Fam.** ***Atherinopses.***

   Rec. Gatt. *Atherinopsis.*

5. **Fam.** ***Atherinae.***

   Rec. Gatt. *Atherina.*

6. **Fam.** ***Tetragonuri.***

   Rec. Gatt. *Tetragonurus.*

7. **Fam.** ***Notacanthi.***

   Rec. Gatt. *Notacanthus.*

8. **Fam.** ***Centrisci.***

   Rec. Gatt. *Centriscus, — Amphisile.*

   Foss. Gatt. *Ramphosus, — Urosphen.*

9. **Fam.** ***Fistulariae.***

   Rec. Gatt. *Fistularia, — Aulostoma.*

3. Ord. **Bauchflosser (*Gastropteri*).**

Sämmtliche Strahlen der Rückenflosse sind gegliedert. Die Bauchflossen stehen weit hinter den Brustflossen oder fehlen zuweilen auch gänzlich. Brustflossen und Afterflosse sind immer vorhanden. Der Kiemendeckel ist freiliegend, oder auch von der Haut umhüllt, die Kiemenspalten sind mehr oder weniger weit, oder eng und spaltförmig. Der Leib ist stärker oder schwächer zusammengedrückt oder auch gerundet, und mit rundlichen, dünnen harten hornartigen oder auch stärkeren knochenartigen, seltener dagegen weichen häutigen, in Längsreihen stehenden zahn- oder ganzrandigen Schuppen bedeckt und zuweilen auch vollständig kahl. Die Nasenlöcher sind getrennt und münden nicht in die Mundhöhle.

Eine Schwimmblase ist vorhanden und geschlossen, oder auch mit einem Luftgange versehen, und fehlt bisweilen gänzlich.

1. Fam. *Scomberesoces.*

Rec. Gatt. *Penichthys*, — *Exocoetus*, — *Hemiramphus*, — *Sarchirus*, — *Tylosurus*, — *Sayris*, — *Scomberesox*, — *Belone.*

Foss. Gatt. *Hypsodon.*

2. Fam. *Esoces.*

Rec. Gatt. *Esox.*

Foss. Gatt. *Holosteus*, — *Sphenolepis*, — *Isticus.*

3. Fam. *Galaxiae.*

Rec. Gatt. *Mesites*, — *Galaxias*, — *Microstoma.*

4. Fam. *Elopes.*

Rec. Gatt. *Elops*, — *Albula.*

5. Fam. *Arapaimae.*

Rec. Gatt. *Heterotis*, — *Osteoglossum*, — *Arapaima.*

6. Fam. *Chirocentri.*

Rec. Gatt. *Vastris*, — *Notopterus*, — *Chirocentrus.*

7. **Fam.** ***Clupeae.***

Rec. Gatt. *Butyrinus*, — *Alepadocephalus*, — *Lutodeira*, — *Pristigaster*, — *Gnathobolus*, — *Thrissa*, — *Rogenia*, — *Pellona*, — *Chatoessus*, — *Engraulis*, — *Alosa*, — *Chanos*, — *Clupanodon*, — *Clupea*, — *Sardinella*, — *Meletta*, — *Harengula*, — *Dussumieria*, — *Hyodon*, — *Megalops*, — *Coilia*.

Foss. Gatt. *Halec*, — *Coelogaster*, — *Platinx*, — *Acrognathus*, — *Aulolepis*.

8. **Fam.** ***Scopeli.***

Rec. Gatt. *Aulopus*, — *Saurus*, — *Lampanyctis*, — *Myctophum*, — *Astronesthes*, — *Scopelus*, — *Aplochiton*, — *Maurolicus*, — *Gonostoma*, — *Ichthyococcus*, — *Chlorophthalmus*, — *Odontostomus*, — *Paralepis*, — *Sudis*.

Foss. Gatt. *Osmeroides*.

9. **Fam.** ***Stomiae.***

Rec. Gatt. *Salanx*, — *Chauliodus*, — *Stomias*.

10. **Fam.** ***Salmones.***

Rec. Gatt. *Argentina*, — *Mallotus*, — *Thymallus*, — *Coregonus*, — *Maraenula*, — *Osmerus*, — *Plecoglossus*, — *Salmo*, — *Trutta*.

11. **Fam.** ***Citharini.***

Rec. Gatt. *Ctenanodus*, — *Xiphostoma*, — *Schizodon*, — *Gastropelecus*, — *Tetragonopterus*, — *Exodon*, — *Hydrolicus*, — *Piabuca*, — *Epicyrtus*, — *Hydrocyon*, — *Rhaphiodon*, — *Anodus*, — *Hemiodus*, — *Parodon*, — *Bryconops*, — *Leporinus*, — *Microdus*, — *Mylctes*, — *Anostomus*, — *Chalceus*, — *Citharinus*, — *Curimates*, — *Serrasalmo*, — *Pygocentrus*, — *Pygopristis*.

12. **Fam.** ***Erythrini.***

Rec. Gatt. *Erythrinus*, — *Umbra*, — *Macrodon*.

13. Fam. *Cyprini.*

Rec. Gatt. *Aulopyge*, — *Schizothorax*, — *Barbus*, — *Labeobarbus*, — *Pseudobarbus*, — *Cyprinus*, — *Scaphiodon*, — *Capoeta*, — *Rohita*, — *Gobio*, — *Tinca*, — *Carassius*, — *Rhodeus*, — *Vimba*, — *Abramis*, — *Blicca*, — *Abramidopsis*, — *Bliccopsis*, — *Pelecus*, — *Chela*, — *Alburnus*, — *Leucaspius*, — *Aspius*, — *Argyreus*, — *Luciosoma*, — *Scardinius*, — *Orfus*, — *Leuciscus*, — *Idus*, — *Cephalus*, — *Squalius*, — *Telestes*, — *Phoxinus*, — *Phoxinellus*, — *Gonorrhynchus*, — *Catla*, — *Crossocheilus*, — *Dangila*, — *Catostoma*, — *Labeo*, — *Chondrostoma*.

Foss. Gatt. *Cyclurus*.

14. Fam. *Cobitides.*

Rec. Gatt. *Cobitis*, — *Barbatula*, — *Acanthops*, — *Schistura*.

15. Fam. *Mormyri.*

Rec. Gatt. *Mormyrus*. — *Mormyrops*.

16. Fam. *Cyprinodontes.*

Rec. Gatt. *Anableps*, — *Poecilia*, — *Fundulus*, — *Pelias*, — *Lebias*, — *Cyprinodon*, — *Molinesia*, — *Orestias*.

17. Fam. *Amblyopses.*

Rec. Gatt. *Amblyopsis*, — *Typhlichthys*, — *Chologaster*.

II. Reihe. UNREGELMÄSSIGE FISCHE. *(HETEROCORMI.)*

Die Kiemen sitzen auf Kiemenbogen auf, sind kammförmig und an der Spitze frei, und von einem freiliegenden oder auch unter der Haut verborgenen Kiemendeckel und meist auch einem besonderen Unterdeckel überdeckt, der bisweilen aber auch fehlt. Die Kiemenspalten öffnen sich an den Seiten des Kopfes, oder auch vor, hinter, oder unter den Brustflossen, oder auch

unter der Kehle und bisweilen zu einer einzigen Öffnung vereinigt, und sind mehr oder weniger weit, oder eng und spalt- oder lochförmig. Der Leib ist mehr oder weniger flachgedrückt, oder auch bauchig, eckig oder gerundet, seltener hingegen zusammengedrückt, und mit dünnen harten und von keiner Schmelzlage überzogenen hornartigen, oder auch mit weichen häutigen, meist in Längs- und nur selten in schiefen Querreihen liegenden Schuppen bedeckt, oder mit hornigen schildähnlichen Schienen oder Platten, oder auch knöchernen Höckern besetzt, von hornigen tafelartigen Ringen umgeben und bisweilen auch vollständig kahl. Der Kopf ist mehr oder weniger breit und oben stärker oder schwächer abgeflacht, mit symmetrisch gestellten Augen, oder schmal und zusammengedrückt, mit unsymmetrisch stehenden Augen. Die Schuppen sind rundlich, oder auch drei-, vier- oder fünfeckig, zahn- oder ganzrandig und von Strahlenfurchen und concentrischen Linien durchzogen.

Das Skelet ist hart- oder weichknochig, der Schädel mit Nähten versehen. Die Oberkieferknochen sind beweglich und Ober- und Zwischenkiefer voneinander getrennt. Der Arterienstiel ist mehr oder weniger muskulös und am Grunde mit zwei Klappen versehen. Im Darme befindet sich keine Spiralklappe. Die Sehnerven kreuzen sich übereinander. Eine Schwimmblase ist entweder vorhanden und bald geschlosssen, bald mit einem Luftgange versehen, oder fehlt auch gänzlich.

1. Ord. **Stachelflosser** (*Acanthopteri*).

Die vorderen oder auch sämmtliche Strahlen der Rückenflosse sind einfache ungegliederte, mehr oder weniger harte oder auch biegsame Stachelstrahlen. Die Bauchflossen stehen entweder unter, oder dicht vor oder hinter den Brustflossen, oder auch unter der Kehle und fehlen bisweilen gänzlich. Brustflossen fehlen nur äusserst selten, die Afterflosse ist aber immer vorhanden. Der Kiemendeckel ist freiliegend und mit einem besonderen Unterdeckel versehen. Die Kiemenspalten öffnen sich an den Seiten des Kopfes und sind mehr oder weniger weit, oder eng und spaltförmig. Der Leib ist mehr oder weniger flachgedrückt, oder auch bauchig oder gerundet, seltener hingegen zusammen-

gedrückt, und bald mit rundlichen oder drei-, vier- oder fünfeckigen dünnen harten hornartigen, bisweilen aber auch weichen häutigen, in Längsreihen stehenden, bald mit verschoben viereckigen, in schiefen Querreihen liegenden Schuppen bedeckt, oder mit hornigen schildähnlichen Platten oder knöchernen Höckern besetzt, und bisweilen auch vollständig kahl. Der Kopf ist mehr oder weniger breit und oben stärker oder schwächer abgeflacht, mit symmetrisch gestellten Augen. Die Nasenlöcher sind getrennt und münden nicht in die Mundhöhle.

Eine Schwimmblase ist vorhanden und geschlossen oder fehlt auch gänzlich.

1. Fam. ***Triglae.***

   Rec. Gatt. *Trigla*, — *Prionotus*, — *Peristedion*, — *Dactylopterus*, — *Cephalacanthus*, — *Chirus*.

2. Fam. ***Scorpaenae.***

   Rec. Gatt. *Scorpaena*, — *Sebastes*, — *Blepsias*, — *Agriopus*, — *Pelor*, — *Synanceia*, — *Synancidium*, — *Pterois*, — *Taenionotus*, — *Apistus*.

3. Fam. ***Cotti.***

   Rec. Gatt. *Cottus*, — *Aspidophorus*, — *Hemitripterus*, — *Hemilepidotus*, — *Platycephalus*.

   Foss. Gatt. *Callipteryx*, — *Pterygocephalus*.

4. Fam. ***Batrachi.***

   Rec. Gatt. *Batrachus*.

5. Fam. ***Periophthalmi.***

   Rec. Gatt. *Apocryptes*, — *Oxyurichthys*, — *Balaeophthalmus*, — *Periophthalmus*, — *Pseudoblennius*.

6. Fam. ***Gobii.***

   Rec. Gatt. *Gobius*, — *Gobioides*, — *Tripauchena*, — *Sicydium*, — *Amblyopus*.

7. Fam. ***Eleotrae.***

   Rec. Gatt. *Eeotris*, — *Philypnus*, — *Eleotroides*.

8. Fam. *Cyclopteri.*

Rec. Gatt. *Cyclopterus, — Liparis.*

9. Fam. *Uranoscopi.*

Rec. Gatt. *Uranoscopus, — Pinguipes.*

10. Fam. *Trachini.*

Rec. Gatt. *Trachinus, — Percophis, — Percis.*

11. Fam. *Callionymi.*

Rec. Gatt. *Callionymus, — Trichonotus, — Comephorus, — Platypterus.*

12. Fam. *Clini.*

Rec. Gatt. *Tripterygion, — Cristiceps, — Oligopus, — Clinus.*

13. Fam. *Gunelli.*

Rec. Gatt. *Gunellus, — Opisthognathus.*

Foss. Gatt. *Spinacanthus.*

14. Fam. *Blennii.*

Rec. Gatt. *Blennius, — Pholis, — Blennechis.*

15. Fam. *Salariae.*

Rec. Gat. *Salarias.*

16. Fam. *Anarrhichae.*

Rec. Gatt. *Anarrhichas.*

2. Ord. **Gliederflosser** (*Arthropteri*).

Sämmtliche Strahlen der Rückenflosse sind gegliedert. Die Bauchflossen stehen unter den Brustflossen, oder auch unter der Kehle und fehlen bisweilen gänzlich. Brustflossen fehlen zuweilen, eine Afterflosse ist immer vorhanden. Der Kiemendeckel ist freiliegend und mit einem besonderen Unterdeckel versehen. Die Kiemenspalten öffnen sich an den Seiten des Kopfes, und sind mehr oder weniger weit, oder eng und spaltförmig. Der Leib ist mehr oder weniger flachgedrückt oder auch zusammengedrückt,

seltener dagegen gerundet und bald mit rundlichen dünnen harten hornartigen, bisweilen aber auch weichen häutigen, in Längsreihen stehenden zahn- oder ganzrandigen, bald mit verschoben viereckigen und in schiefen Querreihen liegenden zahnrandigen Schuppen bedeckt, und bisweilen auch vollständig kahl. Der Kopf ist mehr oder weniger breit und oben stärker oder schwächer abgeflacht, mit symmetrisch gestellten Augen, oder schmal und zusammengedrückt, mit unsymmetrisch stehenden Augen. Die Nasenlöcher sind getrennt und münden nicht in die Mundhöhle.

Eine Schwimmblase ist vorhanden und geschlossen, oder fehlt auch gänzlich.

1. Unterord. **Seitenschwimmer** *(Pleuronectae).*

Der Kopf ist schmal und zusammengedrückt, mit unsymmetrisch stehenden Augen. Der Leib ist zusammengedrückt und mit rundlichen dünnen harten hornartigen, in Längsreihen stehenden zahn- oder ganzrandigen Schuppen bedeckt. Die Bauchflossen stehen unter der Kehle. Brustflossen fehlen zuweilen.

Eine Schwimmblase fehlt.

1. **Fam.** ***Platessae.***

Rec. Gatt. *Platessa, — Flesus, — Arelia, — Synaptura, — Bothus, — Microstomus, — Glyptocephalus, — Limanda, — Hippoglossus, — Rhombus, — Solea, — Monochir, — Achirus, — Plagusia.*

2. Unterord. **Bauchschwimmer** *(Gastronectae).*

Der Kopf ist mehr oder weniger breit und oben stärker oder schwächer abgeflacht, mit symmetrisch gestellten Augen. Der Leib ist mehr oder weniger flachgedrückt oder auch zusammengedrückt, seltener dagegen gerundet und bald mit rundlichen dünnen harten hornartigen, bisweilen aber auch weichen häutigen, in Längsreihen stehenden ganzrandigen, bald mit verschoben viereckigen und in schiefen Querreihen liegenden zahnrandigen Schuppen bedeckt, und bisweilen auch vollständig kahl. Die Bauchflossen stehen entweder unter, oder dicht vor, oder hinter den Brustflossen und fehlen bisweilen gänzlich. Brustflossen fehlen nur äusserst selten.

Eine Schwimmblase ist vorhanden und geschlossen, oder fehlt auch gänzlich.

1. Fam. *Lepadogastri.*

Rec. Gatt. *Lepadogaster, — Gobiesox, — Sicyases, — Cotylis.*

2. Fam. *Echeneides.*

Rec. Gatt. *Echeneis, — Remora, — Osteochirus.*

3. Fam. *Ophiocephali.*

Rec. Gatt. *Ophiocephalus.*

4. Fam. *Macrouri.*

Rec. Gatt. *Macrourus, — Lepidosoma.*

5. Fam. *Gadi.*

Rec. Gatt. *Gadus, — Merlangus, — Merluccius, — Motella, — Raniceps, — Brotula, — Bythites, — Phycis, — Lota, — Lepidoleprus, — Brosmius.*

Foss. Gatt. *Goniognathus.*

6. Fam. *Zoarcae.*

Rec. Gatt. *Zoarces, — Lycodes.*

7. Fam. *Fierasferi.*

Rec. Gatt. *Ophidium, — Fierasfer.*

8. Fam. *Enchelyophes.*

Rec. Gatt. *Enchelyophis, — Gymnelis.*

9. Fam. *Ammodytae.*

Rec. Gatt. *Ammodytes.*

3. Ord. Deckelkümmerer (*Peropomata*).

Sämmtliche Strahlen der Rückenflosse sind gegliedert, oder auch einfache ungegliederte Faserstrahlen. Die Bauchflossen stehen weit hinter den Brustflossen, oder fehlen auch gänzlich. Brustflossen und Afterflosse fehlen zuweilen, sehr selten aber die

Rückenflosse. Der Kiemendeckel ist freiliegend, oder auch unter der Haut verborgen, und ein Unterdeckel fehlt. Die Kiemenspalten öffnen sich an den Seiten des Kopfes, oder auch vor, hinter, oder unter den Brustflossen, oder auch unter der Kehle und bisweilen zu einer einzigen Öffnung vereinigt, und sind mehr oder weniger weit, oder eng und spalt- oder lochförmig. Der Leib ist mehr oder weniger flachgedrückt, eckig oder gerundet, und bald mit hornigen schildähnlichen Schienen oder Platten besetzt, oder von hornigen tafelartigen Ringen umgeben, bald aber auch mit rundlichen weichen häutigen, in Längsreihen stehenden ganzrandigen Schuppen besetzt, oder auch vollständig kahl. Der Kopf ist mehr oder weniger breit und oben stärker oder schwächer abgeflacht, mit symmetrisch gestellten Augen. Die Nasenlöcher sind getrennt und münden nur äusserst selten in die Mundhöhle.

Eine Schwimmblase ist vorhanden und mit einem Luftgange versehen.

1. Fam. ***Hypostomata.***

   Rec. Gatt. *Hypostoma.*

2. Fam. ***Loricariae.***

   Rec. Gatt. *Acanthicus, — Rhinelepis, — Loricaria.*

3. Fam. ***Clarotae.***

   Rec. Gatt. *Aspredo, — Phractocephalus, — Clarotes, — Callichthys, — Auchenipterus, — Doras.*

4. Fam. ***Euanemi.***

   Rec. Gatt. *Arges, — Euanemus, — Trichomycterus, — Malapterurus.*

5. Fam. ***Siluri.***

   Rec. Gatt. *Silurus, — Wallago, — Pangasius, — Schilba, — Bagrus, — Bajard, — Pimelodus, — Synodontis, — Calophysus, — Clarias, — Arius, — Astrophysus, — Centromochlus, — Heterobranchus, — Plotoses, — Heteropneustes, — Ageneiosis, — Osteogeneiosus.*

6. Fam. *Gymnoti.*

Rec. Gatt. *Sternarchus,* — *Sternopygus,* — *Carapus,* — *Gymnotus.*

7. Fam. *Anguillae.*

Rec. Gatt. *Anguilla,* — *Enchelyopus,* — *Conger,* — *Myrophis.*

8. Fam. *Ophisuri.*

Rec. Gatt. *Ophisurus,* — *Sphagebranchus.*

9. Fam. *Gymnarchi.*

Rec. Gatt. *Gymnarchus.*

10. Fam. *Muraenae.*

Rec. Gatt. *Muraena,* — *Muraenophis,* — *Pisodonophis.*

11. Fam. *Symbranchi.*

Rec. Gatt. *Monopterus,* — *Ophisternon,* — *Symbranchus,* — *Alabes,* — *Amphipnous.*

12. Fam. *Apterichthyes.*

Rec. Gatt. *Uropterygius,* — *Saccopharynx,* — *Apterichthys.*

III. Reihe. FREMDARTIGE FISCHE *(ANOMALI).*

Die Kiemen sitzen auf Kiemenbogen auf und sind entweder kammförmig und an der Spitze frei, oder büschelförmig und paarweise gestellt, und von einem unter der Haut liegenden Kiemendeckel überdeckt. Die Kiemenspalten öffnen sich vor oder hinter den Brustflossen und sind eng, und spalt- oder lochförmig. Der Leib ist bald zusammengedrückt, bald bauchig, flachgedrückt oder eckig, und entweder mit starken harten und von keiner Schmelzlage überzogenen hornigen, in Längs- oder schiefen Querreihen liegenden Schuppen, oder mit vieleckigen, einen festen Panzer bildenden Knochenschildern bedeckt, oder mit feinen Körnern, hornigen Stacheln oder knöchernen Höckern

besetzt, oder auch von hornigen tafelartigen Ringen umgeben, bisweilen aber auch vollständig kahl, oder von einer in sechseckige Schildchen getheilten Haut umkleidet. Der Kopf ist mehr oder weniger zusammengedrückt, oder auch abgeflacht. Die Schuppen sind rundlich oder rautenförmig, ganzrandig und rauh.

Das Skelet ist weichknochig, der Schädel mit Nähten versehen. Die Oberkieferknochen sind entweder beweglich und Ober- und Zwischenkiefer voneinander getrennt, oder unbeweglich miteinander verwachsen. Der Arterienstiel ist mehr oder weniger muskulös und am Grunde mit zwei Klappen versehen. Im Darme befindet sich keine Spiralklappe. Die Sehnerven kreuzen sich übereinander. Eine Schwimmblase ist entweder vorhanden und geschlossen, oder fehlt auch gänzlich.

1. Ord. **Haftkiefer** (*Plectognathi*).

Die Kiemen sind kammförmig. Die Kiemenspalten öffnen sich vor den Brustflossen und sind spaltförmig. Die Kiefer sind gezähnt, oder auch zahnlos und von einer Schmelzschichte überzogen. Der Leib ist zusammengedrückt oder bauchig, und bald mit starken harten hornigen Schuppen oder vieleckigen, einen festen Panzer bildenden Knochenschildern bedeckt, bald mit feinen Körnern oder hornigen Stacheln besetzt, bisweilen aber auch vollständig kahl, oder von einer in sechseckige Schildchen getheilten Haut umkleidet. Die Bauchflossen stehen unter den Brustflossen oder fehlen auch gänzlich. Brustflossen und die Afterflosse sind immer vorhanden, doch werden die Brustflossen von keinem armähnlichen Vorsprunge gestützt. Die Mundspalte ist eng, die Schnauze nicht röhrenartig gestaltet. Die Nasenlöcher sind getrennt und münden nicht in die Mundhöhle.

Die Oberkieferknochen sind unbeweglich und Ober- und Zwischenkiefer miteinander verwachsen, auch die Gaumenbeine fest mit dem Schädel verbunden. Eine Schwimmblase ist vorhanden und geschlossen, oder fehlt auch gänzlich.

1. Unterord. **Harthäuter** (*Sclerodermata*).

Die Kiefer sind gezähnt. Der Leib ist zusammengedrückt, und mit starken harten hornigen Schuppen bedeckt, oder mit

feinen Körnern besetzt. Die Bauchflossen stehen unter den Brustflossen oder fehlen auch gänzlich.

Eine Schwimmblase ist vorhanden und geschlossen.

1. Fam. ***Balistae.***

Rec. Gatt. *Balistes, — Pyrodon, — Monacanthus.*

Foss. Gatt. *Acanthoderma, — Acanthopleurus.*

2. Fam. ***Aluterae.***

Rec. Gatt. *Aluteres, — Triacanthus.*

Foss. Gatt. *Glyptocephalus, — Rhinellus, — Dercetis, — Blochius.*

2. Unterord. Panzerhäuter *(Cataphracti).*

Die Kiefer sind gezähnt. Der Leib ist bauchig, und mit vieleckigen, um Kopf und Rumpf einen festen Panzer bildenden Knochenschildern bedeckt. Nur der Schwanz und die Flossen sind beweglich. Bauchflossen fehlen.

Eine Schwimmblase ist vorhanden und geschlossen.

1. Fam. ***Ostracionten.***

Rec. Gatt. *Ostracion.*

3. Unterord. Nacktkiefer *(Gymnodontes).*

Die Kiefer sind zahnlos und von einer Schmelzschichte überzogen. Der Leib ist bauchig oder zusammengedrückt, und mit hornigen Stacheln besetzt, bisweilen aber auch vollständig nackt, oder von einer in sechseckige Schildchen getheilten Haut bekleidet. Bauchflossen fehlen.

Eine Schwimmblase ist vorhanden und geschlossen, oder fehlt auch gänzlich.

1. Fam. ***Tetrodontes.***

Rec. Gatt. *Tetrodon, — Gastrophysus, — Chelichthys, — Chelonodon, — Arothon.*

2. Fam. ***Triodontes.***

Rec. Gatt. *Triodon.*

3. Fam. ***Diodontes.***

Rec. Gatt. *Diodon, — Cyclichthys; — Chilomycterus.*

4. Fam. ***Orthagorisci.***

Rec. Gatt. *Orthagoriscus, — Ozodura.*

2. Ord. **Armflosser (*Pediculati*).**

Die Kiemen sind kammförmig. Die Kiemenspalten öffnen sich hinter den Brustflossen und sind lochförmig. Die Kiefer sind gezähnt. Der Leib ist bauchig oder flachgedrückt, und mit hornigen Stacheln oder knöchernen Höckern besetzt, bisweilen aber auch vollständig kahl. Die Bauchflossen stehen unter den Brustflossen oder auch unter der Kehle. Brustflossen und die Afterflosse sind immer vorhanden und die Brustflossen werden durch einen armähnlichen Vorsprung gestützt. Die Mundspalte ist mehr oder weniger weit, die Schnauze nicht röhrenartig gestaltet. Die Nasenlöcher sind getrennt und münden nicht in die Mundhöhle.

Die Oberkieferknochen sind beweglich und Ober- und Zwischenkiefer voneinander getrennt. Eine Schwimmblase ist vorhanden und geschlossen, oder fehlt auch gänzlich.

1. Fam. ***Lophii.***

Rec. Gatt. *Lophius.*

2. Fam. ***Chironectae.***

Rec. Gatt. *Chironectes.*

3. Fam. ***Halieuthaeae.***

Rec. Gatt. *Halieuthaea.*

4. Fam. ***Maltheae.***

Rec. Gatt. *Malthea.*

3. Ord. **Büschelkiemer (*Lophobranchii*).**

Die Kiemen sind büschelförmig und paarweise gestellt. Die Kiemenspalten öffnen sich vor den Brustflossen und sind lochförmig. Die Kiefer sind zahnlos. Der Leib ist eckig und von hornigen tafelartigen Ringen umgeben. Die Bauchflossen stehen weit hinter den Brustflossen oder fehlen auch gänzlich. Brust-

Bauch- und Afterflosse fehlen bisweilen und die Brustflossen werden durch keinen armähnlichen Vorsprung gestützt. Die Mundspalte ist eng, die Schnauze röhrenartig gestaltet. Die Nasenlöcher sind getrennt und münden nicht in die Mundhöhle.

Die Oberkieferknochen sind beweglich und Ober- und Zwischenkiefer voneinander getrennt. Eine Schwimmblase ist vorhanden und geschlossen.

1. Fam. ***Pegasi.***

Rec. Gatt. *Pegasus.*

2. Fam. ***Solenostomata.***

Rec. Gatt. *Solenostoma.*

3. Fam. ***Hippocampi.***

Rec. Gatt. *Hippocampus*, — *Gastrotokeus*, — *Solenognathus.*

Foss. Gatt. *Calamostoma.*

4. Fam. ***Syngnathi.***

Rec. Gatt. *Syngnathus*, — *Nerophis.*

IV. Reihe. SCHMELZSCHUPPER *(GANOIDEI).*

Die Kiemen sitzen auf Kiemenbogen auf, sind kammförmig und an der Spitze frei, und von einem freiliegenden Kiemendeckel überdeckt. Die Kiemenspalten öffnen sich an den Seiten des Kopfes und sind mehr oder weniger weit und spaltförmig. Der Leib ist bald stärker oder schwächer zusammengedrückt, bald aber auch mehr gerundet, eckig oder flachgedrückt und mit harten hornigen und von einer Schmelzlage überzogenen, in schiefen Quer- oder auch in Längsreihen liegenden Schuppen bedeckt, oder mit rundlichen, in vereinzelt stehende Längsreihen gestellten Knochenschildern besetzt, bisweilen aber auch vollständig kahl. Der Kopf ist stärker oder schwächer zusammengedrückt, oder auch abgeflacht. Die Schuppen sind mehr oder weniger rautenförmig, häufig aber auch rundlich, und ganzrandig.

Das Skelet ist entweder hartknochig oder hartknorpelig, der Schädel mit Nähten versehen oder auch ohne Nähte. Die Oberkieferknochen sind beweglich und Ober- und Zwischenkiefer voneinander getrennt. Der Arterienstiel ist sehr muskulös und mit vielen Klappen versehen. Im Darme befindet sich eine Spiralklappe. Die Sehnerven verschmelzen miteinander. Eine Schwimmblase ist vorhanden und mit einem Luftgange versehen.

1. Ord. **Gleichschwänze *(Homocerci)*.**

Die Schwanzflosse ist gleichlappig und die Wirbelsäule endigt zwischen beiden Lappen in der Mitte. Der Leib ist stärker oder schwächer zusammengedrückt, oder auch mehr gerundet, und mit mehr oder weniger rautenförmigen oder auch rundlichen Schuppen bedeckt. Die Nasenlöcher sind getrennt und münden nicht in die Mundhöhle.

Das Skelet ist hartknochig, der Schädel mit Nähten versehen.

1. Fam. ***Coelacanthi.***

Foss. Gatt. *Macropoma*, — *Undina*, — *Coelacanthus*, — *Hoplopygus*.

2. Fam. ***Ctenolepides.***

Foss. Gatt. *Ctenolepis*, — *Gyrosteus*, — *Psammolepis*, — *Phyllolepis*, — *Glyptolepis*, — *Glyptosteus*, — *Holoptychius*, — *Uronemus*.

3. Fam. ***Pycnodontes.***

Foss. Gatt. *Phyllodus*, — *Pisodus*, — *Colobodus*, — *Gyrodus*, — *Placodus*, — *Sphaerodus*, — *Microdon*, — *Globulodus*, — *Scrobodus*, — *Acrotemnus*, — *Gyrouchus*, — *Periodus*, — *Pycnodus*.

4. Fam. ***Saurostomata.***

Foss. Gatt. *Bolenostomus*, — *Aspidorrhynchus*, — *Saurostomus*, — *Pachycormus*, — *Ptycholepis*, — *Conodus*, — *Eugnathus*, — *Thrissops*, — *Thrissonotus*, — *Sauropsis*, — *Amblysemius*, — *Caturus*, — *Leptolepis*.

5. Fam. *Amiae.*

Rec. Gatt. *Amia.*

Foss. Gatt. *Notaeus.*

6. Fam. *Polypteri.*

Rec. Gatt. *Polypterus.*

Foss. Gatt. *Macrosemius, — Megalurus.*

7. Fam. *Doryopteri.*

Foss. Gatt. *Tetragonolepis, — Dapedius, — Amblyurus, — Doryopterus.*

8. Fam. *Propteri.*

Foss. Gatt. *Propterus, — Notagogus.*

9. Fam. *Lepidoti.*

Foss. Gatt. *Microps, — Ophiopsis, — Nothosomus, — Pholidophorus, — Lepidotus, — Pentrolepis, — Semionotus.*

2. Ord. Lappenschwänze (*Heterocerci*).

Die Schwanzflosse ist ungleichlappig, der obere Lappen weit länger als der untere, und die Wirbelsäule setzt sich in diesen Lappen fort. Der Leib ist stärker oder schwächer zusammengedrückt oder auch mehr gerundet, und mit mehr oder weniger rautenförmigen Schuppen bedeckt. Die Nasenlöcher sind getrennt und münden nicht in die Mundhöhle.

Das Skelet ist hartknochig, der Schädel mit Nähten versehen.

1. Fam. *Diplopteri.*

Foss. Gatt. *Diplopterus.*

2. Fam. *Saurichthyes.*

Foss. Gatt. *Cricodus, — Lamnodus, — Dendrodus, — Platygnathus, — Megalichthys, — Saurichthys, — Graptolepis, — Orognathus, — Pododus.*

3. Fam. ***Lepidostei.***

Rec. Gatt. *Lepidosteus.*

4. Fam. ***Pygopteri.***

Foss. Gatt. *Acrolepis, — Pygopterus.*

5. Fam. ***Platysomi.***

Foss. Gatt. *Eurynotus, — Platysomus, — Gyrolepis.*

6. Fam. ***Pleiopteri.***

Foss. Gatt. *Pleiopterus, — Dipterus.*

7. Fam. ***Palaeonisci.***

Foss. Gatt. *Palaeoniscus, — Amblypterus, — Plectrolepis, — Coccolepis.*

8. Fam. ***Diplacanthi.***

Foss. Gatt. *Diplacanthus, — Cheiracanthus, — Cheirolepis, — Acanthodes.*

3. Ord. **Knorpelknocher (*Chondrostei*).**

Die Schwanzflosse ist ungleichlappig, der obere Lappen weit länger als der untere, und die Wirbelsäule setzt sich im oberen Lappen fort. Der Leib ist eckig oder flachgedrückt und mit rundlichen, in vereinzelt stehende Längsreihen gestellten Knochenschildern besetzt, oder auch vollständig kahl. Die Nasenlöcher sind getrennt und münden nicht in die Mundhöhle.

Das Skelet ist hartknorpelig, der Schädel ohne Nähte.

1. Fam. ***Acipenseres.***

Rec. Gatt. *Acipenser, — Helops, — Antacaeus, — Huso, — Scaphirrhynchus.*

Foss. Gatt. *Chondrosteus.*

2. Fam. ***Spatulariae.***

Rec. Gatt. *Spatularia, — Planirostra.*

3. Fam. ***Cephalaspides.***

Foss. Gatt. *Polyphractus, — Pterichthys, — Pamphractus, — Coccosteus, — Chelonichthys, — Cephalaspis.*

V. Reihe. HAFTKIEMER *(ELASMOBRANCHII).*

Die Kiemen sitzen entweder auf Kiemenbogen auf, die in abgesonderten offenen Säcken an der Hautwand festgewachsen sind, oder sind ohne Kiemenbogen unmittelbar an die Wandung dieser Säcke angeheftet, die mittelst mehrerer besonderer Athmungslöcher oder auch nur eines einzigen gemeinschaftlichen nach Aussen münden und von keinem Kiemendeckel oder nur einem Rudimente eines solchen überdeckt sind. Die Kiemenspalten öffnen sich an den Seiten des Halses oder auf der Unterseite, und sind mehr oder weniger weit und spaltförmig, oder eng und röhrenförmig. Der Leib ist mehr oder weniger gerundet, oder flachgedrückt, und bald von einer rauhen Haut umkleidet, oder mit knorpeligen oder haarigen Schuppen bedeckt, bald kahl, oder auch mit dornigen Knochenplatten besetzt.

Das Skelet ist entweder hartknorpelig mit feinem knöchernen Überzuge, oder weichknorpelig und ohne knöchernen Überzug, der Schädel ohne Nähte. Die Oberkiefer- und Gaumenknochen sind bald unbeweglich und mit dem Schädel verwachsen, bald beweglich und von demselben getrennt, oder es fehlen die Kiefer auch gänzlich und sind nur durch einen Knorpelring vertreten. Der Arterienstiel ist muskulös und enthält mehrere Reihen von Klappen, oder er ist nicht muskulös und am Grunde nur mit zwei Klappen versehen. Im Darme befindet sich eine Spiralklappe. Eine Schwimmblase fehlt.

1. Ord. **Lochkiemer *(Holocephali)*.**

Die Kiemen sitzen auf Kiemenbogen auf, die in abgesonderten offenen und an der Hautwand angehefteten Säcken festgewachsen sind, welche nur mittelst eines einzigen gemeinschaftlichen Athmungsloches frei nach Aussen münden, das blos mit einem Rudimente eines Kiemendeckels überdeckt ist. Die Kiemenspalten öffnen sich an den Seiten des Halses und sind nur wenig weit und spaltförmig. Der Leib ist beinahe gerundet und kahl. Brust- und Bauchflossen sind immer vorhanden, die Afterflosse fehlt. Der Mund liegt auf der Unterseite der Schnauze

und ist der Quere nach gestellt. Die Nasenlöcher sind getrennt und münden nicht in die Mundhöhle. Die Augen liegen frei und sind nicht mit Augenliedern versehen.

Das Skelet ist hartknorpelig mit feinem knöchernen Überzuge. Die Oberkiefer- und Gaumenknochen sind unbeweglich und mit dem Schädel verwachsen. Der Arterienstiel ist muskulös und enthält mehrere Reihen von Klappen.

1. Fam. ***Chimaerae.***

Rec. Gatt. *Callorrhynchus, — Chimaera.*

Foss. Gatt. *Passalodon, — Edaphodon, — Psaliodus, — Elasmodus, — Psittacodon, — Ganodus, — Ischyodon.*

2. Ord. **Quermäuler *(Plagiostomata)*.**

Die Kiemen sitzen auf Kiemenbogen auf, die in abgesonderten offenen und an der Hautwand angehefteten Säcken festgewachsen sind, welche mittelst fünf bis sieben Athmungslöchern frei nach Aussen münden und von keinem Kiemendeckel überdeckt sind. Die Kiemenspalten öffnen sich an den Seiten des Halses, oder auf der Unterseite, und sind mehr oder weniger weit und spaltförmig. Der Leib ist mehr oder weniger gerundet, oder flachgedrückt, und bald von einer rauhen Haut umkleidet, oder mit stacheligen oder haarigen Schuppen bedeckt, bald kahl, oder auch mit dornigen Knochenplatten besetzt. Brust- und Bauchflossen sind immer vorhanden, die Afterflosse ist vorhanden oder fehlt. Der Mund liegt auf der Unterseite der Schnauze und ist der Quere nach gestellt. Die Nasenlöcher sind getrennt und münden nicht in die Mundhöhle. Die Augen liegen frei und sind bald mit Augenliedern versehen, bald aber auch ohne Augenlieder.

Das Skelet ist hartknorpelig mit feinem knöchernen Überzuge. Die Oberkiefer- und Gaumenknochen sind beweglich und von dem Schädel getrennt. Der Arterienstiel ist muskulös und enthält mehrere Reihen von Klappen.

1. Unterord. Seitenkiemer *(Pleurochismata).*

Die Kiemenspalten öffnen sich an den Seiten des Halses, und sind mehr oder weniger weit und spaltförmig. Der Leib ist mehr oder weniger gerundet, oder flachgedrückt, und von einer rauhen Haut umkleidet, oder mit stacheligen oder haarigen Schuppen bedeckt. Die Afterflosse ist vorhanden oder fehlt. Die Brustflossen sind vom Hinterkopfe geschieden. Die Augen sind mit Augenliedern versehen, deren Rand frei ist.

Der Schultergürtel ist nicht ringförmig.

1. Fam. ***Scyllia.***

Rec. Gatt. *Scyllium*, — *Pristiurus*, — *Hemiscyllium*, — *Chiloscyllium*, — *Crossorrhinus*, — *Stegostoma*, — *Ginglymostoma.*

Foss. Gatt. *Scylliodus*, — *Thyellina*, — *Arthropterus.*

2. Fam. ***Squali.***

Rec. Gatt. *Squalus*, — *Glyphis*, — *Zygaena.*

Foss. Gatt. *Hemipristis*, — *Aëllopos.*

3. Fam. ***Galei.***

Rec. Gatt. *Galeus*, — *Galeocerdo*, — *Loxodon*, — *Mustelus.*

Foss. Gatt. *Corax.*

4. Fam. ***Lamnae.***

Rec. Gatt. *Carcharodon*, — *Oxyrrhina*, — *Lamna*, — *Selache.*

Foss. Gatt. *Otodus*, — *Carcharopsis*, — *Meristodon*, — *Odontaspis*, — *Sphenodus.*

5. Fam. ***Alopiae.***

Rec. Gatt. *Alopias.*

6. Fam. ***Cestracionles.***

Rec. Gatt. *Cestracion.*

Foss. Gatt. *Ptychodus*, — *Acrodus*, — *Gyropristis*, — *Dictaea*, — *Ceratodus*, — *Nemacanthus*, — *Strophodus*, — *Myriacanthus*, — *Pristiacanthus*, — *Astracanthus*, — *Leptacanthus*, — *Orthacanthus*, — *Lepracanthus*, — *Astroptychius*, — *Cricacanthus*, — *Cladacanthus*, — *Physorcemus*, — *Cochliodus*, — *Psammodus*, — *Chomatodus*, — *Helodus*, — *Pleurodus*, — *Poecilodus*, — *Petalodus*, — *Ctenodus*, — *Ctenoptychius*, — *Sphenacanthus*, — *Gyracanthus*, — *Orodus*, — *Oracanthus*, — *Ctenacanthus*, — *Onchus*.

7. Fam. *Rhinodontes*.

Rec. Gatt. *Rhinodon*.

8. Fam. *Hybodontes*.

Foss. Gatt. *Diplodus*, — *Sphenodus*, — *Cladodus*, — *Leiacanthus*, — *Hybodus*, — *Tristichius*.

9. Fam. *Notidani*.

Rec. Gatt. *Notidanus*, — *Hexanchus*, — *Heptanchus*.

10. Fam. *Spinaces*.

Rec. Gatt. *Acanthias*, — *Spinax*, — *Centrina*.

11. Fam. *Scymni*.

Rec. Gatt. *Scymnus*, — *Echinorrhinus*, — *Pristiophorus*.

12. *Squatinae*.

Rec. Gatt. *Squatina*.

2. Unterord. **Unterkiemer** ***(Hypochismata)***.

Die Kiemenspalten öffnen sich auf der Unterseite, und sind mehr oder weniger weit und spaltförmig. Der Leib ist flachgedrückt, bisweilen aber auch beinahe gerundet, und bald von einer rauhen Haut umkleidet, bald kahl, oder auch mit dornigen Knochenplatten besetzt. Die Afterflosse fehlt. Die Brustflossen sind meist mit dem Hinterkopfe verwachsen und nur selten von demselben geschieden. Die Augen sind bald mit Augenliedern

versehen, deren Rand am Auge angewachsen ist, bald ohne Augenlieder.

Der Schultergürtel ist meistens vollkommen ringförmig und bis unter die Rückenhaut vortretend, und die Brustflossen sind sehr oft mit dem Kopfe durch Schädelflossenknorpel verbunden.

1. Fam. ***Pristes.***

Rec. Gatt. *Pristis.*

2. Fam. ***Rhinobati.***

Rec. Gatt. *Rhinobatus.*

Foss. Gatt. *Spinacorrhinus.*

3. Fam. ***Torpedines.***

Rec. Gatt. *Narcine, — Torpedo, — Astrape, — Temera.*

Foss. Gatt. *Narcopterus.*

4. Fam. ***Rajae.***

Rec. Gatt. *Raja, — Uraptera.*

5. Fam. ***Trygones.***

Rec. Gatt. *Trygon, — Pteroplatea, — Hypolophus, — Taeniura, — Urolophus, — Trygonoptera, — Aëtoplatea, — Anacanthus.*

Foss. Gatt. *Astrodermus, — Cyclarthrus, — Euryarthra.*

6. Fam. ***Myliobatae.***

Rec. Gatt. *Myliobatis, — Aëtobatis, — Rhinoptera, — Zygobates.*

Foss. Gatt. *Janassa, — Ptychacanthus, — Pleuracanthus.*

7. Fam. ***Cephalopterae.***

Rec. Gatt. *Cephaloptera, — Ceratoptera.*

3. Ord. **Rundmäuler (*Cyclostomata*).**

Die Kiemen sind ohne Kiemenbogen unmittelbar an die Wandung abgesonderter offener und an der Hautwand angehefteter Säcke festgewachsen, die mittelst sechs bis sieben besonderer Athmungslöcher oder auch nur eines einzigen gemein-

schaftlichen nach Aussen münden und von keinem Kiemendeckel überdeckt sind. Die Kiemenspalten öffnen sich an den Seiten des Halses, und sind eng und lochförmig. Der Leib ist gerundet und kahl. Brust- und Bauchflossen fehlen, und ebenso auch die Afterflosse. Der Mund liegt auf der Vorderseite der Schnauze und ist mehr oder weniger rund. Die Nasenlöcher sind zu einer einzigen Öffnung vereinigt und münden bisweilen in die Mundhöhle. Die Augen liegen unter der Haut.

Das Skelet ist weichknorpelig, ohne knöchernen Überzug. Kiefer fehlen und statt derselben ist ein Knorpelring vorhanden. Der Arterienstiel ist nicht muskulös und am Grunde mit zwei Klappen versehen.

1. Fam. ***Gastrobranchi.***

Rec. Gatt. *Gastrobranchus, — Heptatrema.*

2. Fam. ***Petromyzontes.***

Rec. Gatt. *Petromyzon.*

II. SITZUNG VOM 9. JÄNNER 1873.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Hofrath Freih. v. Burg den Vorsitz.

Die Lese- und Redehalle der deutschen Studenten zu Prag dankt, mit Schreiben vom 30. December 1872, für die ihr im abgelaufenen Jahre gespendeten akademischen Druckschriften.

Die *Société d'Histoire Naturelle de Colmar* dankt, mit Schreiben vom 4. Jänner l. J., für den mit ihr eingegangenen Schriftentausch.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die Haut einiger Sternwürmer *(Gephyrei)*“, vom Herrn Dr. Vitus Graber in Graz, eingesendet durch Herrn Prof. Dr. K. Peters.

„Über den Zusammenhang zwischen Absorption und Brechung des Lichtes“, vom Herrn Karl Puschl, Capitular des Benedictinerstiftes Seitenstetten.

„Zweiter Beitrag zur Kenntniss der Perforationen an Pflanzengefässen“, vom Herrn Dr. Eduard Tangl, Privatdocenten an der Universität in Lemberg.

Herr Heinrich Rokotnitz, stud. jur., hinterlegt ein versiegeltes Schreiben zur Wahrung der Priorität.

Herr Director Dr. J. Stefan überreicht eine Abhandlung: „Experimentelle Bestimmung der Dielektricitätsconstante von Isolatoren“, vom Herrn Prof. Dr. Ludwig Boltzmann in Graz.

Herr Hofrath Dr. E. Ritt. v. Brücke übergibt eine Abhandlung des Herrn Dr. Victor Urbantschitsch, betitelt: „Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Paukenhöhle.“

Herr Prof. Dr. L. Ditscheiner überreicht eine Abhandlung: „Über das Intensitätsverhältniss und den Gangunterschied der bei der Beugung auftretenden senkrecht und parallel zur Einfallsebene polarisirten Strahlen“.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Königl., zu Berlin: Abhandlungen aus dem Jahre 1871. Berlin, 1872; 4°.

— — Königl. Bayer., zu München: Abhandlungen der philos.-philolog. Classe. XII. Bandes 3. Abthlg. München, 1871; 4°; Abhandlungen der mathem.-physik. Classe. XI. Bandes 1. Abthlg. München, 1871; 4°. (Nebst den betreffenden Separatabdrücken.) — Erlenmeyer, Emil, Die Aufgabe des chemischen Unterrichtes gegenüber den Anforderungen der Wissenschaft und Technik. München 1871; 4°. — Friedrich, Johann, Über die Geschichtsforschung unter dem Kurfürsten Maximilian I. München, 1872; 4°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1916. (Bd. 80. 20.) Altona, 1872; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 25. Paris, 1872; 4°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XV, (neuer Folge V), Nr. 12. Wien, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 1. Wien, 1873; 4°.

Lund, Universität: Acta. Philosophi, språkvetenskap och historia. 1869; Theologi. 1870; Mathematik och Naturvetenskap. 1869 & 1870. Lund, 1869—1871; 4°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band 1872, Heft XII. Gotha; 4°.

Moniteur scientifique du Dr. Quesneville. 3ᵉ Série. Tome III. 373ᵉ Livraison. Paris, 1873; 4°.

Muséum d'histoire naturelle de Paris: Nouvelles Archives. Tome IVᵉ, 3ᵉ—4ᵉ fascicules. (1868); Tome Vᵉ, 1ᵉʳ—4ᵉ fasc. (1869); Tome VIᵉ, 1ᵉʳ—4ᵉ fasc. (1870); Tome VIIᵉ, 1ᵉʳ—4ᵉ fasc. (1871). Paris; 4°.

Nature. Nr. 166, Vol. VII. London. 1873; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI. Nr. 11. Torino, 1872; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIᵉ Année, 2ᵉ Série, Nr. 27. Paris, 1873; 4°.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou: Bulletin. Année 1873, Nr. 3. Moscou; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 1. Wien, 1872; 4°.

Zürich, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften von Ostern 1871 bis Michaelis 1872. 4° & 8°.

Über die Haut einiger Sternwürmer (Gephyrei).

Von **V. Graber,**

Gymnasiallehrer in Graz.

(Mit 3 Tafeln.)

Dem Kenner der umfangreichen und zum Theile ungemein werthvollen Gephyreenliteratur mag es wohl etwas bedenklich vorkommen, wenn ein Neuling im Wurmreiche sie zu bereichern sich anmasst. Das war aber in der That meine Absicht auch gar nicht gewesen, als ich während der heurigen Weihnachtsferien die wenigen mir zur Disposition stehenden Gephyreen, gesammelt von unserem unvergesslichen Oscar Schmidt, unter das Messer nahm. Es handelte sich, von der eigenen Belehrung abgesehen, zunächst nur um die Anfertigung einiger Hautpräparate für die Vorlesungen.

Bei dieser Gelegenheit machte ich aber einige Beobachtungen, welche theils zur Berichtigung theils zur Vervollständigung früherer Angaben beitragen dürften und mir deshalb einer kurzen Mittheilung werth schienen. Es möchte dies namentlich auch betreffs der jetzt fast allgemein für Sinnesorgane erklärten „Hautkörper" gelten.

Priapulus caudatus Lam.

Am Leibe dieses interessanten Sternwurmes sind nach Dr. Ehlers' äusserst sorgfältiger Arbeit über diesen Gegenstand[1] drei Abschnitte zu unterscheiden: der Rüssel *(glans)*, der Rumpf oder Stamm, und endlich der Schwanztheil. Das Integument jeder derselben hat seine Besonderheiten.

---

[1] Über die Gattung *Priapulus*, ein Beitrag zur Kenntniss der Gephyreen. Zeitschrift für wissensch. Zoologie von Kölliker. 11. Bd., pag. 205 ff.

Die äussere Oberfläche des Rüssels ist mit 25 der Länge nach parallel verlaufenden Rippen besetzt, an deren Bildung nach Ehlers nur die Cuticula und deren Träger, die Matrix, betheiligt sind. Die einzelnen Rippen bestehen aus dicht hintereinander postirten kleinen Spitzen, von denen Ehlers glaubt, dass sie hohl seien und dass diese Höhlung vielleicht mit der Leibeshöhle communicire. Um hierüber ins Reine zu kommen, haben wir namentlich möglichst dünne Querschnitte studirt. Aus solchen (Fig. 4) ergibt sich nun Folgendes. An der ziemlich dicken Cuticula (*c*) treten im Gegensatz zu anderen Hautstellen desselben Thieres und der Mehrzahl der übrigen Gephyreen vorzugsweise nur die hier ausnehmend weiten senkrechten Hautporen hervor, während die lamellöse Schichtung kaum merklich angedeutet ist.

Die kegelförmigen, am Ende wie abgebrochenen Spitzen *(d)* enthalten keineswegs einen mit dem Leibesinneren communicirenden Hohlraum, sondern vielmehr einen aus der Ringmuscularis entspringenden Muskelantheil *(h)*, bestehend aus einem stumpf kegelförmigen Basalstück und einem spitzeren, das Innere des hohlen Cuticularfortsatzes einnehmenden Zapfen. Es ist wohl kaum daran zu zweifeln, dass dieser verhältnissmässig sehr starke, aus zahlreichen Primitivfasern zusammengesetzte Cuticularmuskel zur Bewegung der erwähnten Hautspitze dienlich sei. Die Beweglichkeit der letzteren wird, meines Erachtens, namentlich dadurch gesichert, dass derselbe in einer verhältnissmässig dünnhäutigen „kraterförmigen" Grube sitzt.

Wir haben noch beizufügen, dass, was Ehlers entgangen zu sein scheint, unter jeder der 25 Längsrippen des Rüssels, eingebettet in der Kreismuscularis, ein breites Längsmuskelband *(L')* verläuft, während die ungleich kräftigeren Hauptlängsstämme an der Innenseite der Ringmuscularis *(L)* den zwischen den Rippen gelegenen Rüsselfurchen entsprechen.

Einiger wesentlicher Verbesserungen bedürfen Ehlers' Daten bezüglich der Hautbildung am Endtheile des Stammes. Nach ihm entsteht die warzig unebene Oberfläche dieser Körperregion durch „Haufen drüsiger Körper", welche zwischen der Matrix und Ringmuskelschicht liegen sollen.

„Kugelige Körper von weisser Farbe sind hier in verschiedener Anzahl (bis zu 10), zumeist rundliche Gruppen, zusammen gelagert.

Jedes einzelne dieser Drüsengebilde bestand aus einer weichen, leicht zerdrückbaren Masse, die sich . . . wie ein festes weiches Fett ausbreitet. Das Mikroskop wies darin nur ein Maschenwerk von feinen Fäden und unregelmässig eingestreuten Körnchen nach, welche von Essigsäure nicht gelöst wurden. Auf der nach aussen gerichteten Fläche eines jeden solcher kugiger Körner war die Cuticula von grossen Porencanälen durchsetzt.

Solche Porencanäle stehen in verschiedener Anzahl, je nach den unter ihnen liegenden Körpern, in einer Gruppe beisammen und bilden die Decke einer der warzenförmigen Erhabenheiten.

Die Oberfläche der Cuticula war an dieser Stelle nicht glatt, sondern von vielfach sich kreuzenden Leistchen unregelmässig rauh.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass es sich hier um Hautdrüsen handelt, und es ist deren Vorkommen insoferne von Interesse, als diese bis jetzt bei allen untersuchten Gephyreen nachgewiesen wurden und daher für diese Thiere charakteristisch zu sein scheinen."

Nehmen wir vorerst die isolirte Cuticula her und betrachten sie uns von der Innenseite (Fig. 3). Anfangs glaubte ich daran, dasselbe wie Ehlers zu sehen, bis ich den Pinsel zur Hand nahm und „die vielfach sich kreuzenden Leistchen" sowie die „eigenthümlich gruppirten Drüsenporen" damit — wegfegte. Die letzteren erwiesen sich bei stärkerer Vergrösserung als Matrixzellen (*m*) und die ersteren, nämlich die „Leistchen" (*g*), als netzförmige Anhäufungen von gelbbraunen Fetttröpfchen. Was die Zellen betrifft, die nach Behandlung mit 35% Kalilauge sehr klar hervortreten, so erreichen sie meist einen Durchmesser von 0·018 Mm. und erscheinen bald kreisrund und dann allermeist mit einem einzigen Kern, oder prononcirt bisquitförmig und dann mit zwei Kernen. Offenbar hielt Ehlers die letzteren für die verhängnissvollen Poren (vgl. in der citirten Abhandlung die Fig. 18), die aber, wie schon bemerkt, durch längere Macerirung mit Kalilauge von selbst verschwinden oder mit der Nadel leicht von der Cuticula zu entfernen sind.

Letztere ist bis auf einige ganz zarte Wellenlinien völlig glatt und zeigt im blank gescheuerten Zustand keine Spur irgend eines Porus.

Da ich sowohl an der „After-" als an der sogenannten „Schwanzscheibe" von *Aspidosiphon* ganz ähnliche Fettablagerungen in den Interstitien der Matrixzellen vorfand, so dürfte eine Parallelisirung des Stammendes von *Priapulus* mit den erwähnten Bildungen, also speciell mit der „Schwanzscheibe" des früher genannten Sternwurmes, nicht ganz ungerechtfertigt erscheinen, wenn auch bei *Priapulus* keinerlei Drüsen in dieser Gegend ausmünden. Dass nämlich diese dem *Priapulus* gänzlich fehlen, wird wohl schon aus der erwähnten Porenlosigkeit seiner Haut zu entnehmen sein.

Es frägt sich nun aber, was mit den von Ehlers als „kugelige Drüsen" beschriebenen Körpern zu machen ist.

Sie stehen, wie unser Gewährsmann ganz richtig bemerkt, in grösseren Gruppen, an Querschnitten meist zu zweien oder dreien, beisammen (Fig. 1 W. B.)[1].

Ehlers hat in ihnen bekanntlich feine Fäden und Körnchen nachgewiesen und gibt sie trotzdem für „festes weiches Fett" aus. Bei geeigneter Behandlung kann man über die wahre Natur dieser Körper nicht lange im Zweifel sein: es sind, um es kurz zu sagen, räumlich differencirte Theile einer am Stammende ungemein mächtig entwickelten Cutis, welche mit der gleichfalls stark ausgebildeten Bindegewebslage der *Sipunculus*-Haut (Fig. 12 *cu*) ganz und gar übereinkömmt.

An der *Sipunculus*-Cutis, um das hier gleich anzuführen, erkennt Ehlers und Keferstein[2] eine „hyaline Bindesubstanz, in welcher zahlreiche Zellen mit 2 oder 3 sich wieder theilenden Ausläufern eingebettet sind; selten findet man auch grössere Zellen mit grossen Kernen, die dann aber keine Ausläufer haben. Zwischen diesen Zellen zeigt die hyaline Zwischen-

---

[1] Hinsichtlich der bildlichen Darstellung der beim Studium der Haut unentbehrlichen Querschnitte erlaube ich mir gegenüber der leider allzuhäufigen Schematisirung solcher zu erwähnen, dass dieselben nach der Natur aufgenommen sind.

[2] Zoologische Beiträge. Leipzig. W. Engelmann. 1861. pag. 38.

substanz mannigfach geschlängelte und geknickte scharfe Linien, welche wir nur für das Bild von Falten halten, da wir diese scheinbaren Fasern niemals isoliren konnten und sie auch nie über die hyaline Masse frei hinausragten".

Vielleicht ist es hinsichtlich der Frage nach der formellen Selbstständigkeit der sogenannten Bindegewebsfibrillen nicht ohne Bedeutung, dass es mir glückte, bei *Priapulus* und *Sipunculus* mehrere Schnitte anzufertigen, wo die erwähnten Falten sein sollenden Fasern sich in einer Weise völlig isolirt darstellen, dass ich keinen Augenblick anstehe, sie für besondere Formbestandtheile und nicht für Trug- oder Kunstgebilde anzusprechen.

Auf lange Strecken hin lagen diese Fibrillen neben- und durcheinander (Fig. 2 f). Zum Theile wenigstens erweisen sich dieselben als äusserst lange aber in ihrem ganzen Verlaufe ziemlich gleich dicke, ganz homogene bei 0·0017 Mm. breite Anhänge von meist spindel- oder wurstförmigen gegen 0·0036 Mm. breiten Bindegewebszellen. Daneben findet man noch andere Zelleinlagerungen, meist in Gestalt kreisrunder oder elliptischer Gebilde von 0·007 Mm. Durchmesser *(r)*. Es fragt sich aber, ob diese ausschliessliche Bestandtheile des Bindegewebes oder nicht vielmehr angeschwemmte oder eingewanderte Blutkörperchen sind, und dies umsomehr, als ich in den Lücken der Muskellagen ganze Haufen solcher oder doch ganz ähnlicher Körperchen beisammen fand.

An der äusseren Fläche bildet die Cutis zahlreiche kleine Papillen *(k)* von 0·018 Mm. Höhe, welche in besondere hohle Erhabenheiten der Cuticula *(p)* eintreten. An manchen dieser Bindegewebspapillen kann man sich unschwer überzeugen, dass sie in der Weise zu Stande kommen, dass Gruppen von Bindegewebsfibrillen, an der freien Fläche der Cutis angelangt, umbiegen.

Manche dieser gekrümmten Fasern verlieren nun an sehr dünnen Schnitten und unter Einwirkung von Alkalien ihren Halt und schnellen derart hervor, dass sie weit über die Cuticula hinausragen *(f')*.

Solche Bilder legen denn für die Selbstständigkeit unserer Fibrillen das beste Zeugniss ab.

Da Ehlers und Keferstein bei verschiedenen Gelegenheiten sich dahin aussprechen, dass sämmtliche Gephyreen Hautdrüsen haben, so erscheint es uns nicht überflüssig, am Schlusse dieses Absatzes noch einmal eigens darauf hinzuweisen, dass wenigstens bei *Priapulus caudatus* an keiner Körperstelle etwas dergleichen aufzufinden ist. Man wird sich daher vor Analogieschlüssen hinsichtlich der Verbreitung dieser Organe bei noch nicht darauf genauer untersuchten Formen in Acht nehmen müssen[1].

Phascolosoma granulatum F. S. Leukart.

Die histologische Constitution der Haut und speciell jene der ihr eingelagerten „Hautkörper" scheint noch niemals eingehender geprüft worden zu sein; Keferstein's einschlägige Daten[2] beziehen sich — so scheint es wenigstens — lediglich auf *Phascolosoma Puntarenae* und *Antillarum* Grube und weichen von unseren Befunden in einigen Stücken ganz erheblich ab.

Hautdiagramme von der Mitte des Rumpfes (Fig. 8, *B*) lassen, von aussen nach innen, folgende Schichten erkennen. Eine Cuticula, eine Hypodermis, eine dünne (bindegewebige?) „Basal"-Membran, ferner eine Rings- und Längsmuskellage.

Die Cuticula erreicht eine Dicke von 0·15 Mm. Ihre Oberfläche ist höckerig und einem jedem solchen Höcker entspricht eine Hautdrüse, aber keineswegs in der von Keferstein angegebenen Weise, nach der die letztere ganz in der höckerartigen Cuticularerhebung eingeschlossen läge. Das gilt vielmehr, wie es namentlich am vordersten Rüsselende (Fig. 6 *p*) deutlich hervortritt, nur von dem oft halsförmig abgesetzten Ausführungsgang derselben.

Die Cuticula besteht aus sehr zahlreichen theils ebenen theils wellig gebogenen Lamellen von 0·0027 Mm. Dicke, welche, mit stärkeren Linsen angesehen, sehr scharf hervortreten, wäh-

---

[1] Auf die histologischen Elemente der Muscularis habe ich weder bei *Priapulus* noch bei den übrigen Gephyreen ein besonderes Gewicht gelegt. Ich denke, dass derlei Studien nur an frischen Muskelfasern zu einem die Wissenschaft wirklich fördernden Resultate führen können.

[2] Untersuchungen über niedere Seethiere. V. Beiträge zur Kenntniss der Gattung *Phascolosoma*. Zeitschrift f. wissensch. Zoologie. 12. Bd. pag. 35 ff.

rend ich von den senkrechten feinen Hautporen gar nichts bemerken konnte.

Die Matrix, hier wie allerwärts, verhältnissmässig sehr dünn, stellt eine Protoplasmalage dar, in welcher dicht gedrängte Kerne und stellenweise auch noch gut erhaltene, zum Theile bisquitförmige Zellen von 0·027 Mm. Durchmesser eingelagert sind.

Als stützende Haut gesellt sich zu ihr eine homogene dünne Membran. Von einer kreuzförmigen Strichelung auf ihr, wie sie Keferstein bei anderen Phascolosomen gesehen haben will, konnten wir nichts entdecken und es passt, wenigstens für *Ph. granulatum*, auch dessen weitere Angabe nicht, dass nämlich die erwähnte gestrichelte Haut unter der am inneren Pol durchlöcherten *Tunica propria* der Hautdrüsen glatt hinweggehen.

Die Beziehung zwischen der Wandung der Hautdrüsen und unserer Basalmembran ist vielmehr eine sehr innige. Letztere erhebt sich nämlich unter jeder Drüse in Gestalt eines stumpfen Kegels (Fig. 8 *H'*), und geht dann in ihrer weitern Fortsetzung nach aussen unmittelbar in die Wandung der eigentlichen Drüse selbst über, so dass, mit anderen Worten, die sogenannte *Tunica propria* der Hautdrüsen weiter nichts als eine einfache Ausstülpung der Basalmembran vorstellt.

Die Gestalt der Hautdrüsen ist, am Rumpfe, in der Regel nicht „kugelig bis flachgedrückt", sondern flaschenförmig (Fig. 8 *B*). Deutliche Zellen sind im Innnern der Drüse nur selten wahrzunehmen; meist fand ich sie erfüllt von einer grossen Anzahl verschieden grosser rundlicher granulirter Körperchen, vielleicht Kernen zerfallener Secretionszellen.

Der Porus der Drüsen, bei 0·003 Mm. breit, wird in einem Umkreis von beiläufig 0·1 Mm. Durchmesser von gelblichbraunen körnigen Rauhigkeiten umgeben.

Die Ringmuscularis erreicht eine Dicke von 0·04 Mm. Unter jeder Hautdrüse erhebt sie sich in Gestalt einer kleinen Papille, welche in das Innere der kegelförmigen Basis der Drüse eindringt *(R')*.

Die Längsmuscularis bildet am Rumpfe im Gegensatz zum rüsselartigen Vorderleibe eine wenn auch nicht wie bei *Sipunculus* und *Priapulus* bis auf die Ringmuscularis ausgedehnte

Sonderung in einzelne Bündel, deren Durchmesser im Maximum gegen 0·16 Mm. erreicht.

Am hinteren Theile des Rüssels begegnen wir ähnlichen Verhältnissen wie am Rumpfe. Nur sind die Hautdrüsen mehr langgestreckt, vorwiegend von spindelförmiger Gestalt und mit einem stark entwickelten von der eigentlichen Drüse sehr scharf abgesetzten kegelförmigen Basalstück, welches auch einen verhältnissmässig grösseren Muskelfortsatz in sich aufnimmt.

Zu erwähnen sind noch ganz eigenthümliche, meines Wissens bisher von keinem Gephyreenforscher beobachtete oder gesehene zellartige Körper, welche der Ringmusculatis aufgelagert sind (Fig. 8 *AZ*). Es sind diese Gebilde meist von ellipsoidischer Gestalt, bei 0·07 Mm. lang und enthalten ausser einigen grösseren (kernartigen?) Klümpchen einen feingranulären intensiv gelblichbraunen Inhalt.

Vor der Hand weiss ich über deren Bedeutung nicht das Mindeste anzugeben.

Gegen den vordersten, meist eingestülpten Rüsselabschnitt zu strecken sich die Hautdrüsen (Fig. 6 *H*) und mit ihnen die Cuticularpapillen *(p)* sowie die zipfelförmigen Fortsätze der Ringmuscularis *(R')* immer mehr in die Länge.

Der Längendurchmesser der Drüsen beträgt hier gegen 0·162 Mm., und ihre grösste Breite 0·015 Mm.

Die Ausfuhrwege der schlauchförmigen Hautdrüsen gehen, wie bereits oben erwähnt. in papillenartige Erhebungen der Haut über, wo sie mit 0·0036 Mm. weiten Öffnungen ausmünden.

Diese Poren (Fig. 7 *P*) werden umgeben von einer aus mehreren (meist 9) gelblichbraunen Täfelchen zusammengesetzten Krone oder (an der Flächenansicht) Rosette, deren Durchmesser bei 0·018 Mm. misst.

Offenbar haben wir es hier mit ähnlichen Bildungen zu thun, wie sie bei der gleich folgenden Art in grösserer Verbreitung vorkommen.

Aspidosiphon Müllerl Dies.

Über das Integument dieses Sternwurmes, schon vor etlichen Jahren von Oscar Schmidt ziemlich ausführlich beschrieben[1], habe ich nur Weniges zu bemerken.

O. Schmidt fand die Hautdrüsen des Rumpfes von ellipsoidischer Gestalt. Für Flächenansichten hat das seine Richtigkeit; an Querschnitten hingegen (Fig. 11 *H*) zeigen sie die Gestalt von dickbauchigen, der Ringmuscularis ganz hart aufsitzenden Flaschen mit trichterförmig ausgezogenem Halse.

Die Länge dieser Drüsen kommt der Dicke der Cuticula gleich und beträgt gegen 0·05 Mm. Erfüllt fand ich sie von einer beträchtlichen Anzahl kreisrunder kernartiger Gebilde von 0·0036 Mm. Durchmesser. Nur in einzelnen waren noch undeutliche Zellen zu erkennen. Der Durchmesser der Hautporen misst 0·0036 Mm.

Betreffs der hakenförmigen Cuticularanhänge des Rüssels (Fig. 9 *h*) bemerkt O. Schmidt, dass sich in der hohlen Basis derselben eine Muskelfaser ansetze, welche beim Einziehen als Retractor wirkt. Es scheint hier eine Verwechslung mit den von ihm als Hautdrüsen bezeichneten Cuticulareinlagerungen vorzuliegen, welche an besonderen zähnchenartigen Bildungen der Oberhaut ausmünden sollten. Diese Zähnchen (Fig. 9. und 10 *Z*) bestehen aus einem breiteren Grundstück *(Z)* und einer in der Mitte desselben sich erhebenden kegelförmigen Spitze, welche oben etwas eingeschnitten ist. Vom Ende dieser Spitze bis in die Mitte des Basalstückes laufen zwei starke parallele Leistchen, die nach Schmidt's Auffassung als verdickte Ränder des Drüsenganges gedeutet werden müssten.

Hinsichtlich dieser Drüsen selbst macht Schmidt uns auf ihre verhältnissmässige Kleinheit aufmerksam.

An Querschnitten repräsentiren sich die fraglichen Körper als langausgezogene trichterförmige Ausstülpungen der Basal-

---

[1] Über den Bau und die systematische Stellung von *Aspidosiphon Müllerl* Dies. Mittheilungen d. naturwissensch. Vereines für Steiermark. III Heft. 1865. pag. 56 ff.

membran, deren Längsdurchmesser jenen der Rumpfdrüsen um etwa 0·01 Mm. übertrifft.

Die Öffnung des Trichters enthält ganze Bündel dünner von der Ringmuscularis abzweigender Muskelfasern, welche an manchen unserer Körper fast bis zum Grunde der Zähnchen verfolgt werden können, während sie in anderen schon in ziemlicher Entfernung davon aufhören. In diesem Falle ist der obere engere Theil des Trichters von theils rundlichen theils elliptischen Körperchen erfüllt, die ich mit Grund für zerschnittene Muskeltheilchen halte, wie man sie auch an der Basis der schlauchförmigen Rüsseldrüsen von *Phascolosoma* vorfindet, wo deren Deutung bei Zuhilfenahme stärkerer Vergrösserungen ganz offen auf der Hand liegt.

Nach dem beschriebenen Befunde ist es wohl selbstverständlich, dass ich in den fraglichen Cuticulareinlagerungen keine Drüsen, sondern den Muskelpapillen der Rüsseldornen von *Priapulus* in gewissem Sinne wenigstens homologe Theile erkenne, obgleich ich andererseits auch eine gewisse Ähnlichkeit des Baues zwischen den in Rede stehenden Bildungen von *Aspidosiphon* und den schlauchförmigen Rüsseldrüsen von *Phascolosoma* nicht völlig abstreiten möchte. In diesem Falle müssten die letzteren als im Vergleich zu *Aspidosiphon* differencirtere Körpertheile angesehen werden, insofern nämlich, als hier der schlauchförmige Drüsentheil von dem kegelförmigen musculösen Basalstück deutlich abgeschieden ist, während es bei *Aspidosiphon* zu einer solchen Sonderung noch nicht gekommen ist.

Die Sache endgiltig zu entscheiden, d. h. eine Secretion in den oberen Partien der Zähnchenanhänge nachzuweisen, dürfte übrigens auf manche Schwierigkeiten stossen.

Sipunculus nudus Rond.

Meine Untersuchungen hinsichtlich des Integumentes des bezeichneten Wurms ergeben einige ziemlich auffallende Abweichungen im Vergleich zu den von Ehlers und Keferstein[1] gewonnenen Resultaten. Es gilt dies speciell von der

[1] S. oben. Zoologische Beiträge.

Matrix und den in der dicken schon oben näher besprochenen Cutis (Fig. 12 *cu*) eingelagerten Körpern.

Die genannten Forscher sprechen von einem aus grossen polyedrischen bei 0·02 Mm. messenden Hypodermiszellen, während ich nur eine der *Phascoloma*-Matrix entsprechende Lage von dichtgedrängten 0·007 Mm. grossen Kernen *(m)* entdecken kann.

Was mich am meisten befremdet, ist der Umstand, dass Ehlers und Keferstein nirgends der grossen Zellen Erwähnung thun, welche ich dicht unter der Matrix, theils dicht aneinander gedrängt, theils in kleinen Intervallen von einander vorfand *(H)*. Ihr Durchmesser beträgt gegen 0·04 Mm. Ausführungsgänge konnte ich an Querschnitten nicht bemerken, möchte aber doch die vielfach zerstreuten Hautporen *(P)* an Flächenansichten auf solche beziehen. Sind es vielleicht die Hypodermiszellen von Ehlers und K.?

Welche Bedeutung ist aber dem in der Mitte der Integumentalfelder gelegenen grossen ellipsoidischen Körper *(S)* zuzusprechen? Er wird umgeben von einer dickwandigen Kapsel und lässt im Innern nirgends deutliche Zellen sondern nur eine Menge gelblicher Körnchen erkennen, welche so wenig als die früher erwähnten Zellbildungen in kochender Essigsäure sich auflösen.

Von irgendwelcher Communication dieses bei 0·4 Mm. breiten Körpers mit der Aussenwelt fand ich keine Andeutung,; sonst stimmt sein Bau mit den von E. u. K. als Drüsen beschriebenen Gebilden überein.

Bonellia viridis Rol.

Nach Herrn Prof. Dr. Schmarda's Angaben in seinem schönen Werke über die Naturgeschichte der *Bonnellia*, zeigt die Haut derselben die wesentlichen Charaktere einer Schleimhaut. Die äussere oder Epithelschicht besteht nach ihm aus dicht gedrängten cylindrischen (an den Rüsselarmen flimmernden) Zellen, auf welche in der Haut des Leibes eine „maschenförmige Hautschichte" folgt, die aus verschieden starken miteinander verwebten Zellgewebsfasern und „Gefässen" gebildet wird. In dieser Schichte fand Prof. Schmarda einzelne Pigmentzellen und grössere Anhäufungen derselben, welche sich zu drüsenartigen

Organen vereinen. Dazu käme dann nach innen eine Lage von Längs- und Ringfasern.

Dass die äusserste Schichte wirklich ein Cylinderepithel vorstelle, möchte ich mit völliger Bestimmtheit nicht behaupten. An feinen Querschnitten macht sie mir vielmehr den Eindruck einer Cuticula, welche von zahlreichen senkrechten Porencanälen durchsetzt wird. (Fig. 5 *c*.) Sie ist von blassgelber Farbe und erreicht am Rumpfe eine Dicke von 0·04 Mm. Unter ihr erkenne ich eine von der folgenden Hautlage keineswegs scharf abgesetzte körnige Matrixschichte, in welcher man kernartigen Einlagerungen, bald mehr vereinzelt, bald in grösseren Gruppen begegnet.

Dass die erwähnten Kern- (oder Zell-) Gruppen keineswegs besondere Drüsen repräsentiren, welche den für unser Thier so charakteristischen grünen Farbstoff absondern, darauf hat schon Lacaze-Duthiers hingewiesen[1].

Als Bildungsstätte des Pigmentes ist vielmehr bei *Bonellia* so gut wie bei den Arthropoden die gesammte Hypodermis anzusehen.

Die folgende bei 0·14 Mm. messende Schichte stellt eine Bindegewebshaut, eine Cutis, vor, die sich von der gleichwerthigen Schichte des *Sipunculus* und *Priapulus* nur durch den Mangel fibrillenartiger Bildungen unterscheidet.

Wir erkennen bei den stärksten Vergrösserungen hier eine hyaline Substanz, in der verhältnissmässig sehr spärliche und kleine Formbestandtheile eingelagert sind *(cu)*. Die rundlichen Körperchen messen bei 0·005 Mm., während die sonst oft sehr langen spindelförmigen Gebilde hier selten die Länge von 0.14 Mm. überschreiten und nur ausnahmsweise kleine faserartige Anhänge tragen.

Von „miteinander verwebten Zellgewebsfasern und Gefässen“ ist mir nichts zu Gesicht gekommen.

Nach innen wird die Cutis von einer Ringmuskellage begrenzt, auf welche dann die Längsmuscularis folgt.

---

[1] Recherches sur la Bonellie. Ann. d. scienc. nat. III. Série. Tome X. pag. 53.

Schlussbemerkungen.

Dieselben betreffen einmal die chemische Qualität der Cuticula, ferner die physiologische Deutung der sogenannten Hautkörper und endlich die histologische Constitution des Darmcanals unserer Thiere.

Cuticula. Die Oberhaut der Gephyreen wird jetzt ganz allgemein als ein Chitingewebe bezeichnet und Ehlers[1] sagt von *Priapulus* geradezu: „Sein ganzer Körper wird fast ausschliesslich, in allen seinen Theilen, von zwei Geweben gebildet, Chitin und Muskelfaser."

Zunächst wäre daran zu erinnern, dass die morphologische Übereinstimmung der Gephyreen-Cuticula mit jener der Athropoden uns noch keinesfalls ein Recht gibt, daraus einen sicheren Schluss auf die chemische Beschaffenheit der ersteren zu ziehen.

Nachdem uns aber dermalen noch keine einzige Elementaranalyse der Gephyreen-Cuticula vorliegt, so fragt es sich, ob sie wenigstens jene Reactionen aufweist, welche für das chemisch genau fixirte echte Chitin (der Arthropoden nämlich) charakteristisch sind.

In einigen der von mir eingeleiteten Reactionen zeigt sich nun allerdings eine Übereinstimmung, namentlich was die Unlöslichkeit in kochender Essigsäure und die Unschmelzbarkeit (der Mangel der Aufblähung) beim Erhitzen auf Platinblech betrifft.

Dagegen ist aber das Verhalten gegen Natron- und Kalilauge ein völlig verschiedenes, insofern, nach meiner reichen Erfahrung in dem Punkte, selbst ausnehmend zarte Chitinhäute der Arthropoden in kochenden Lösungen der genannten Agentien sehr lange unversehrt bleiben, während sich die verhältnissmässig sehr dicke Cuticula von *Sipunculus*, *Phascolosoma* und anderen Sternwürmern darin (und auch in äusserst verdünnten Solutionen) schon nach blos minutenlangem Kochen gänzlich auflöst, und, was ich noch mittheilen will, nach längerem Kochen in Wasser

[1] Über *Priapulus*. pag. 218.

so bröckelig wird, dass sie selbst die zarteste Behandlung, z. B. das Abpinseln nicht mehr verträgt.

Ich dächte, dass das Mittgetheilte allein schon völlig genügen dürfte, die chitinöse Natur der Gephyreen-Cuticula in Frage zu stellen[1].

„Hautkörper“. Die bisher als Hautdrüsen oder Hautkörper bezeichneten Organe der Gephyreen werden von Keferstein und anderen ausgezeichneten Forschern gegenwärtig als Sinnesorgane aufgefasst. Dieser Vorgang gründet sich auf zwei, sage zwei Beobachtungen. Die eine bezieht sich auf einen jungen *Sipunculus nudus*, wo ein „starker“ Nervenzweig an den inneren Pol des Hautkörpers hintritt[2], die andere auf einen Sternwurm von Manila, wo Semper an der Spitze der Hautkörper einen mit zelliger Anschwellung endenden Nerv fand, den er — ohne irgend welche Begründung — mit der Tastfunction in Verbindung bringt.

Diese Thatsachen — vielleicht sogar noch einer genaueren Nachprüfung bedürfend — scheinen Keferstein ausreichend zu sein, um die allgemeine Behauptung aufzustellen, dass an dem innern Pol der Hautkörper der Sipunculiden sich „stets(!) ein starker Zweig des Nervensystems“ inserire[3].

Setzen wir vorerst den Fall, dass wirklich an den Hautkörpern aller Gephyreen ein Nerv endige. Ist damit dann schon bewiesen, dass diese Hautkörper besondere Nervenapparate oder Sinnesorgane sein müssen?

Nach meiner unmassgeblichen Meinung könnte man mit eben so vielem Rechte dann auch die Speichel- und andere Drüsen, an welchen man wirkliche Nervendigungen beobachtet hat, für Sinnesorgane ausposaunen, während es doch allgemein be-

---

[1] Neuerliche Analysen, von meinem Schüler Herrn Stud. tech. Pirkl angestellt machen es mehr als wahrscheinlich, dass die chemische Constitution der Anneliden-Cuticula vom Arthropoden-Chitin *(Arthropodin?)* wesentlich verschieden sei.

[2] Zoologische Beiträge.

[3] Beiträge zur anatomischen und systematischen Kenntniss der Sipunculiden. Zeitschrift für wissensch. Zoologie. 15. Bd. pag. 406.

kannt ist, dass derlei Drüsennerven nur im Dienste der Secretion stehen[1].

Es wird aber behauptet, dass unsere Organe gar kein Secret lieferten. Das scheint mir um so unwahrscheinlicher, als nach O. Schmidt's Angaben ohne Zweifel die Absonderungen der Hautdrüsen von *Aspidosiphon* bei der Erweiterung der im Kalkgestein befindlichen Wohnräume dieser Thiere eine wichtige Rolle spielen und andererseits ja auch *Bonellia*, wahrscheinlich zum gleichen Zwecke, reichlichen Schleim absondert.

Meine Untersuchungen haben mich indess überzeugt, dass der früher gesetzte Fall unrichtig sei. Ich habe an den vielen hunderten von Hautkörpern, die ich mit den besten Linsen untersuchte und mit verschiedenen Reagentien behandelte, niemals ein nervöses Gebilde entdecken können.

Allerdings nimmt die Basis der meisten Hautkörper strangartige Gebilde auf, diese haben sich aber, wie wir mit besonderer Sorgfalt zu constatiren trachteten, durchwegs als Fortsätze der Ringmuscularis erwiesen und aus dem letzteren Grunde würde es mich auch gar nicht befremdet haben, wenn ich, als Erregern derselben, Nervenfasern begegnet wäre.

Ob die Hautkörper sämmtlicher Gephyreen, zu gewissen Zeiten wenigstens, sei es zur Erweiterung ihrer Behausungen, sei es zu ihrer Vertheidigung oder zu anderen uns noch verborgenen Zwecken, Secrete absondern, kann ich — da ich lebende Sternwürmer leider noch nie zu studiren Gelegenheit hatte, nicht behaupten, dass sie aber, falls das auch nicht der Fall wäre, keine specifischen Nervenendigungen vorstellen, das würde auch dann meine feste Überzeugung sein, wenn ich mit manchen allzu sanguinischen Fachgenossen in jedem Arthropodenhärchen mindestens — eine Nase sähe.

Histologie des Darmcanales. Der Darm der Gephyreen besteht nach Ehlers[2] und Keferstein aus einer äussern structurlosen[3](?) Haut und aus einer inneren Lage von Ring- und Längsmuskeln, welche innen von einem mitunter wimpernden Cylinderepithel ausgekleidet wird.

---

[1] In ähnlicher Weise spricht sich auch wie ich nachträglich sehe, Gegenbauer in seiner vergl. Anatomie aus. — [2] Über *Priapulus* u. a. a. O. [3] Vergl. meine Arbeit „die Gewebe und Drüsen des Annelidenösophagus."

Wenn das seine Richtigkeit hätte, so würde der Darm der Gephyreen in der That ein histologisches Unicum vorstellen, da sonst allerwegs theils als Träger des Epithels theils als stützendes Stroma der musculösen und nervösen Elemente eine Bindegewebsschicht vorhanden ist.

Querschnitte, die ich durch den Mitteldarm von *Phascolosoma granulatum* anfertigte, haben mir indess dargethan, dass der Verdauungstractus der Sternwürmer — was schon a priori zu erwarten war — hinsichtlich seiner Gewebslagen keine Ausnahmsstellung einnimmt, sich vielmehr in allen wesentlichen Eigenschaften an die übrigen Würmer sowie an die Holothurien anschliesst, ohne dass ich deshalb einer durchaus unbegründeten Blutsverwandschaft mit den letzteren das Wort reden will[1]. Uns interessirt hier nur die zwischen dem Epithel (Fig. 13 *e*) und der Längsmuscularis *(L)* gelegene Bindegewebsschichte *(b)*. Dieselbe erreicht an den faltenartigen Ausstülpungen der inneren Darmwand eine die übrigen Gewebslagen weit übertreffende Dicke von 0·14 Mm.

Eingebettet in einer hyalinen Grundsubstanz sieht man verschieden gestaltete zumeist langgezogene, spindelförmige Körperchen von sehr wechselnder Grösse. Die rundlichen messen bei 0·0036 Mm. während die langgestreckten nicht selten einen Durchmesser von 0·93 Mm. erreichen. Hinsichtlich ihres feineren Baues verweisen wir auf die entsprechenden Bildungen im Darme der Seewalzen[2].

---

[1] Der eigenthümliche Bau des Nerven- und Blutgefässsystemes, die Bildung des Darmes, die Lage des Afters, sowie die Beschaffenheit der Haut schienen mir schon ganz ausreichende Gründe zu sein, um mir jeden Gedanken an einen näheren Anschluss wenigstens der jetzt lebenden Sternwürmer an die Holothurien aus dem Sinne zu schlagen. Die Ähnlichkeit ist in der That nur eine ganz äusserliche und berechtigt uns nicht, einer vorgefassten Meinung zu Liebe, zu der durch nichts vermittelten Vermuthung die Zuflucht zu nehmen, dass die abweichende Form des Nervensystems der G. durch den Ausfall (!) von vier (ambulacralen) Nervenstämmen der Holothurien zu erklären sei. Ebenso gut könnte man behaupten, dass die zahlreichen Längsmuskelbündel des Hautschlauches der G. durch Spaltung der fünf ambulacralen Stämme der H. entstanden seien.

[2] Vergl. meine „Beiträge zur Histologie der Stachelhäuter". Graz, 1872. In Commission bei Leuschner und Lubensky. (Fig. 11, 12 u. 13).

Fig 4

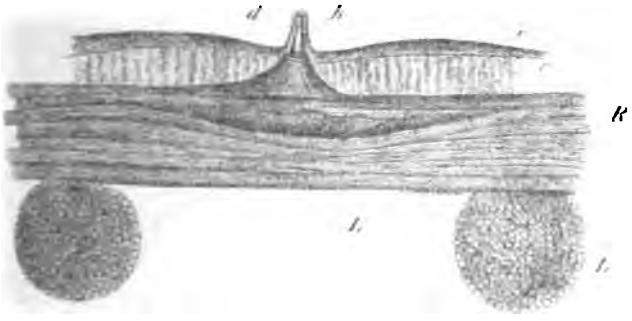


Fig 2

Fig 3.

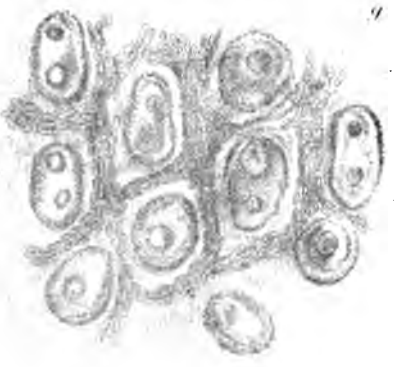


Fig 1

Sitzungsb. der kais. Akad. d. W. math. naturw. Cl. LXVIII. Bd. I. Abth. 1873

Fig. 5

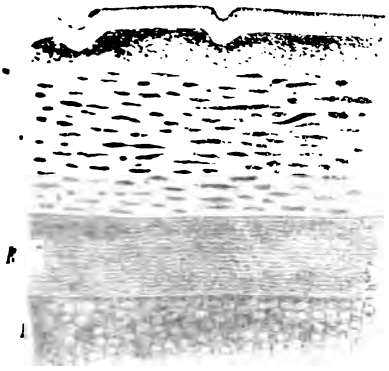


Fig. 9

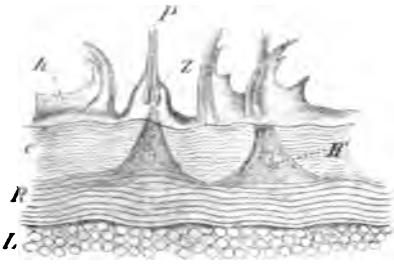


Fig. 8

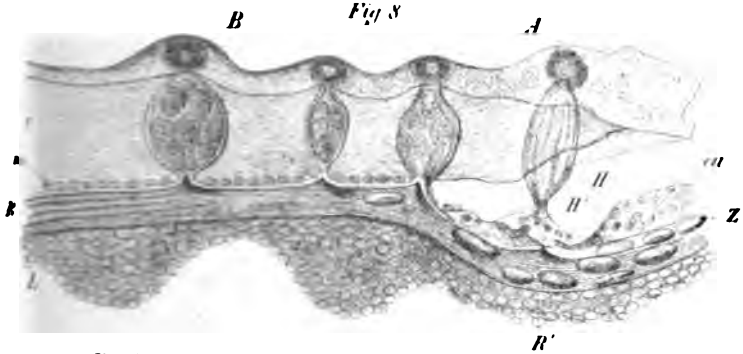
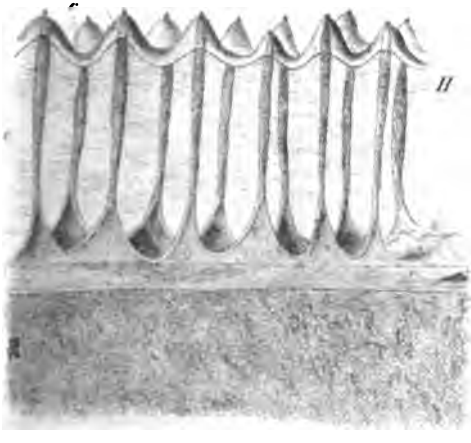


Fig. 7

Fig. 6



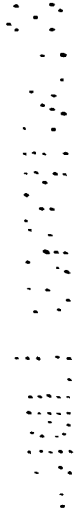


Fig. 10

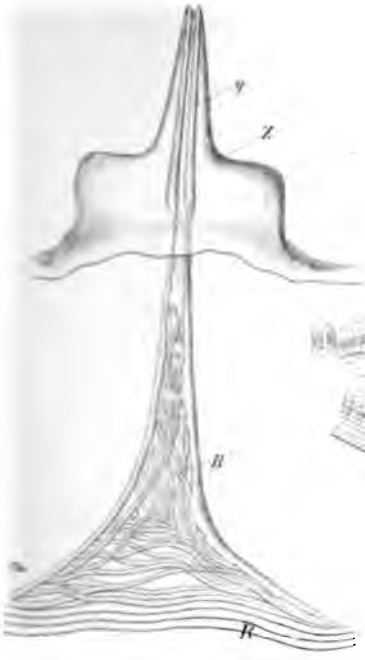


Fig. 13

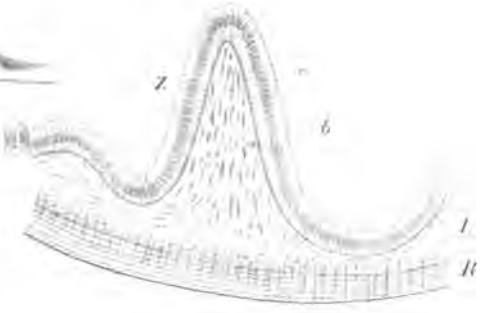


Fig. 11.

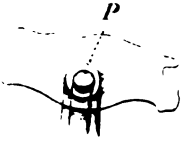
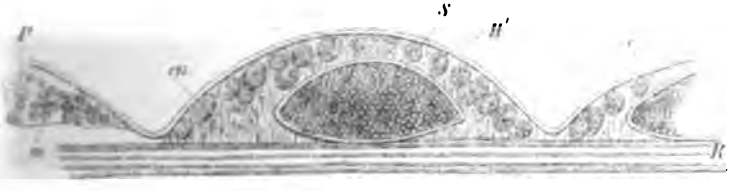


Fig. 12



Digitized by Google

Erklärung der Abbildungen.

Durchgehende Bezeichnungen:
c Cuticula,
m Matrix,
cu Cutis, resp. „Basalmembran“,
R Rings-,
L Längsmuskeln,
H Hautdrüsen.

Tafel I.

Fig. 1. Querschnitt durch die Haut des mit Warzen *(W)* besetzten Stammendes von *Priapulus caudatus* Lam. Vergr. 50.

„ 2. Stück einer Bindegewebepartie ebendaher. *p* papillenartige hohle Erhebungen der Cuticula, in welche entsprechende Fortsätze der Cutis *(k)* hineinragen. *(f)* isolirte Bindegewebsfasern. Vergr. 150.

„ 3. Cuticula ebendaher, von innen gesehen. Die grossen, zum Theil zweikernigen Matrixzellen *(m)* sind von zahlreichen gelblichen Fetttröpfchen *(g)* umlagert.

„ 4. Querschnitt durch die Haut der „glans“ desselben Thieres und zwar durch die sogenannten Rippen. An der Cuticula *(c)* treten hier die Poren ungemein scharf hervor. *d* dornförmige Spitzen der Rippen. *h* der von der Ringmuscularis in dieselben eintretende Muskelzipfel. *L* ein unter der „Glans-Rippe“ verlaufender, in der Ringmuscularis eingebetteter Längsmuskelstamm. Vergr. 100.

Tafel II.

Fig. 5. Querschnitt durch die Körperhaut von *Bonnellia viridis* Rol. *c* Cuticula, *m* körnige Matrix. Vergr. 120.

„ 6. Querschnitt durch die Haut des vordersten und zwar eingestülpten Rüsseltheiles von *Phascolosoma granulatum* Leukart. *R'* in die kegelförmige Basis der Hautdrüsen *(H)* eindringende Zipfel der Ringmuscularis. Vergr. 100.

„ 7. Porus ebendieser Hautdrüsen mit der aus mehreren Täfelchen bestehenden Krone. Vergr. 500.

Fig. 8. Querschnitt durch die Haut der hinteren Rüsselpartie *(A)* und des Rumpfes *(B)* vom gleichen Thier. In der Rüsselpartie liegen zwischen der dünnen mit den Matrixzellen *(m)* belegten Basalmenbran *(cu)* und der Ringmuscularis eigenthümliche grosse gelbliche Zellkörper *(Z)*. Vergr. 100.

„ 9. Querschnitt durch den Rüssel von *Aspidosiphon Müllerí* Dies. *h* „Hacken", *z* „Zähnchen". *H'* Anhänge derselben. Vergr. 200.

Tafel III.

Fig. 10. Ein Zähnchen mit seinem inneren Anhang isolirt. Vergr. 830.

„ 11. Querschnitt durch die Haut des Rumpfes vom gleichen Thiere. (Muscularis nur zum Theil dargestellt.) Vergr. 400, vom Hautporus *P* 1500 fach.

„ 12. Querschnitt durch die Haut einer *Sipunculus*-Art. Ausser einem grossen, in der dicken Cutis eingelagerten Körper *(S)* sieht man noch zahlreiche der Matrix anliegende Zellen *(H')*. (Muscularis nur theilweise dargestellt.) Vergr. 620.

„ 13. Stück eines Querschnittes durch den Mitteldarm von *Phascolosoma granulatum*. *Z* Falte, *e* Epithel, *b* bindegewebiges Stroma *L* Längs-, *R* Ringmuscularis.

Zweiter Beitrag zur Kenntniss der Perforationen an Pflanzengefässen.

Von Dr. **Eduard Tangl,**
Privatdocent der Universität zu Lemberg.

(Mit 1 Tafel.)

Die Gefässquerwände, die je zweien vertical übereinander stehenden Gefässzellen gemeinschaftlich sind, erhalten ihre Gestaltung durch ein centripetales Dickenwachsthum, welches in der weitaus grösseren Mehrzahl der Fälle auf beiden Seiten der Querwand auf eine ganz gleichmässige und übereinstimmende Weise fortschreitet; so dass die auf diesen Flächen sich verdickenden Stellen sich ebenso, wie die Stellen, bei denen dies unterbleibt, genau decken.

Ein ganz abweichendes Verhalten zeigen manche schiefe Querwände gehöft getüpfelter Gefässe des *Sonchus oleraceus*, indem bei diesen die leiter- und netzartigen Verdickungen auf beiden Seiten der Querwand bei vielen Gefässzellen sich zwar decken, aber auch Gefässzellen, wo diese Übereinstimmung vollkommen verloren geht, nicht selten zu finden sind.

Im ersteren Falle besteht die Querwand aus zwei durchbrochenen Platten, die hinsichtlich ihrer Gestaltung, nämlich der Anordnung der Verdickungen und resorbirten Stellen, einander vollkommen ähnlich sind, im zweiten Falle jedoch aus zwei verschiedenen Hälften.

Das ungleiche Dickenwachsthum auf beiden Seiten der Querwand bedingt bei *Sonchus oleraceus* im Allgemeinen zwei verschiedene Gestaltungen. In manchen Fällen verlaufen die Verdickungen beiderseits in gleicher Richtung, wobei nur Verschiedenheiten hinsichtlich der Lage derselben obwalten; zeigen daher die beiden Hälften der Querwand eine leiterförmige Per-

foration, so decken die Leitersprossen der einen Hälfte, bei der Flächenansicht der Querwand, die durchbrochenen Stellen der zweiten Platte.

Nicht selten sah ich Querwände, deren beide Hälften leiterförmig (mit aufgerichteten Leitersprossen) verdickt waren, wobei die Anordnung eine derartige war, dass die Leitersprossen der einen Hälfte die Zwischenräume der anderen bis auf kleine Spalten deckten; diese Ausbildung gewährt daher ein Bild, als wären die beiden Platten übereinander verschoben.

Das ungleichmässige Dickenwachsthum auf beiden Seiten der Querwand kann aber auch so weit führen, dass selbst die Übereinstimmung hinsichtlich der Richtung der leistenartigen Verdickungen verloren geht, da Querwände, wo die eine Hälfte eine horizontale, die andere eine verticale leiterförmige Perforation zeigt, nicht gar selten zu finden sind.

Ich habe diese Querwände, die ich zuerst bei *Sonchus oleraceus* gefunden, als „gegitterte" bezeichnet [1].

Bei dieser Pflanze sind die gegitterten Querwände geneigt, bei *Helianthus annuus* fand ich, zwar ziemlich selten, auch horizontale gegitterte Querwände.

Das ungleichmässige Dickenwachsthum auf beiden Seiten der Querwand führt aber manchmal noch weiter, es können mitunter die beiden Hälften einer Querwand eine typisch verschiedene Gestaltung erhalten.

Diese Verhältnisse erkannte ich bei *Senecio vernalis;* bei welcher Pflanze die Untersuchung aber sehr zeitraubend wird, da bei vielen Individuen sowohl horizontale als schiefe Querwände nur einfache Perforationen zeigen.

Horizontale Querwände sind oft netzartig, mitunter auch gegittert (Fig. 1. 2.); schiefe Querwände zeigen neben einfachen Durchbrechungen auch leiterförmige, deren Sprossen horizontal oder vertical gestellt sind.

Gegitterte schiefe Querwände habe ich zwar nicht gesehen, dass aber solche auch zu finden sein werden, kann wohl keinem Zweifel unterliegen.

---

[1] Beitrag zur Kenntniss der Perforationen an Pflanzengefässen. Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. LXIII. Bd.

In nicht sehr zahlreichen Fällen erhalten die beiden Hälften der Querwand eine typisch verschiedene Gestaltung, indem die eine Hälfte einfach, die andere leiter- oder netzförmig durchbrochen ist.

Eine derartige Ausbildung einer horizontalen Querwand ist in Fig. 3 abgebildet, wo die eine Hälfte (in der Zeichnung die obere) einfach, die andere leiter-netzförmig durchbrochen ist.

Die Fasern der unteren Platte zeigen eine zweifache Ausbildung, indem einige ohne Unterbrechung mit beiden Enden sich an die Ränder des Ovales ansetzen, innerhalb dessen die Verdickung auf der unteren Hälfte ungleichmässig erfolgte, andere nur mit einem Ende mit dem Rande des Ovales in Verbindung stehen und sich gegen die Mitte der Querwand allmälig verdünnen, ohne dass das andere Ende mit den Rändern des Ovales in Verbindung treten würde.

Eine derartige Ausbildung ist auf Querschnitten allerdings nur selten zu sehen, dennoch ist hier der wahre Sachverhalt leicht zu erkennen.

Bei leiter- oder netzförmigen Querwänden ist nämlich der Rand, an welchen die Fasern oder Leitersprossen sich ansetzen, zwischen je zweien derselben schwach ausgebuchtet, indem die Fasern und Leitersprossen mit etwas erweiterten Enden sich mit diesen verbinden.

Sind aber die genannten Theile der Querwand scharf abgeschnitten und zeigen die Randtheile zwischen je zwei Fasern keine Ausbuchtung, sind sie vielmehr gerade, so kann diese Gestaltung nur darin ihren Grund haben, dass eine netz- oder leiterförmig durchbrochene Hälfte einer Querwand mit einer zweiten nur einfach durchbrochenen in Verbindung steht, was durch den Umstand, dass in manchen Fällen die ausgebuchteten Ränder der leiter- oder netzförmig durchbrochenen Hälfte ganz oder theilweise (wie in der Fig. 3) herausragen, zur vollen Gewissheit wird.

Die in der Fig. 3 dargestellte Querwand, wo der Rand des Ovales ohne Unterbrechung über den Enden der Fasern verläuft, beruht daher auf zwei typisch verschiedenen Wachsthumsvorgängen der beiden Seiten der Querwand.

Eine ähnliche Ausbildung sah ich an einer schiefen Querwand, wo die leiterförmige Perforation der einen Hälfte durch das Loch der anderen so gedeckt wurde, dass die Enden sämmtlicher Leitersprossen deutlich zu sehen waren.

Ich hatte schon früher eine derartige Gestaltung bei *Cirsium lanceolatum* wahrgenommen und auch abgebildet [1], wobei ich auch auf die für diese Fälle charakteristische Endigung der Fasern aufmerksam gemacht habe, trotzdem dass mir die Ursache dieser Gestaltung des Faserendes damals noch ganz unbekannt war.

Meine Untersuchungen über die Perforation der Netzgefässe sowohl dicotyler als monocotyler Pflanzen haben bisher kaum nennenswerthe Resultate geliefert, so dass durch dieselben die durch die Untersuchungen von Mohl und Caspary gewonnenen diesbezüglichen Kenntnisse gar nicht erweitert werden. Aus diesem Grunde will ich diese Gefässform nicht weiter besprechen und zu den Spiralgefässen übergehen.

Für diese letztere Gefässform ist die Durchbrechung der Querwand durch einen Tüpfel so verbreitet, dass bisher nur wenige Ausnahmen von diesem Verhalten constatirt werden konnten.

In dieser Hinsicht sind die Beobachtungen von Sanio [2] von Wichtigkeit, welcher die leiterförmige Perforation der Spiralgefässe von *Vitis*, *Olea* und *Casuarina* entdeckte.

Bei der Durchmusterung einer sehr grossen Zahl von Pflanzen der heterogensten Familien war ich nicht so glücklich, eine andere als die einfache Perforation bei den Spiralgefässen zu finden.

Eine Ausnahme hievon machten nur die Spiralgefässe der *Silene nutans*, deren Gestaltung ich nun mittheilen will.

Man findet bei dieser letzteren Pflanze Spiralgefässe mit horizontalen und geneigten Querwänden.

---

[1] L. c. Fig. 23.

[2] Bot. Zeit. 1863. S. 122. Abbildung der Querwand von *Vitis vinifera*. Taf. IV. Fig. 35.

Die geneigten Querwände sind entweder einfach oder leiterförmig durchbrochen, die erstere Art der Durchbrechung ist jedoch ungleich häufiger. Die Leitersprossen sind entweder horizontal oder aufgerichtet. Die horizontalen Leitersprossen stehen mit dem Spiralbande des Gefässes in keiner Verbindung, wodurch sie sich von den Spiralgefässen von *Vitis* unterscheiden, wo nach Sanio, was ich bestätigen kann, ein derartiger Zusammenhang besteht.

Sind die Leitersprossen horizontal, so entspringen sie von dem verdickten Rande der Querwand, gegen welchen hin sich die Windungen des Spiralbandes allmälig verbreitern, um endlich in diesem zu verschwinden; von einem Zusammenhange zwischen den Leitersprossen und den Spiralbändern ist aus diesem Grunde nichts zu bemerken.

Noch seltener findet man verticale Leitersprossen, wie sie in Fig. 4 dargestellt sind. Die Anzahl der verticalen, ist ebenso wie die der horizontalen Leitersprossen sehr gering, oft findet man statt mehrerer verticaler Sprossen eine einzige derselben, durch welche die Öffnung in zwei gleiche oder ungleiche Hälften getheilt wird.

Horizontale und nur schwach geneigte Querwände sind mitunter durch mehrere Löcher durchbrochen (Fig. 5. 6). Geschieht die Durchbohrung durch zwei Löcher, so gleichen sie den beschriebenen schiefen Querwänden.

Eine typisch verschiedene Ausbildung der oberen und der unteren Hälfte der Querwand ist in Fig. 7 abgebildet, wo die einfach durchbrochene obere Hälfte, mit der durch zwei Öffnungen durchbrochenen unteren verbunden ist.

In der Figur ist die spiralige Wandverdickung schattirt, innerhalb derselben bemerkt man den Rand des Loches, welcher ein Ende der Faser der unteren Hälfte scharf abschneidet und am anderen eine Verbreiterung frei lässt.

Die bisher gewonnenen Resultate über die Natur der Tüpfel der Querwände, durch welche die Höhlengemeinschaft zwischen einzelnen Theilen des Gefässrohres hergestellt wird, lassen sich kurz zusammenfassen.

In neuester Zeit hat Hofmeister[1] diese Tüpfel als „gehöfte“ bezeichnet, welche Ansicht übrigens schon früher durch Schacht und Dippel vertheidigt wurde.

Sanio[2] hat jedoch wiederholt darauf aufmerksam gemacht, dass bei der Bildung der leiterförmigen Querwände von *Corylus Avellana* der gehöfte Tüpfel ganz ausser Spiel ist und dass in diesem Falle die Perforation nur durch einfache Tüpfel bewerkstelligt werde.

Diese Angabe von Sanio wurde indess von Hofmeister gar nicht berücksichtigt, indem er sowohl den Tüpfeln, die der Entstehung eines einzigen Loches vorangehen, als auch solchen, welche in die Breite gezogen und auf den Querwänden reihenweise angeordnet sind, ausnahmslos eine Entwicklung zuschreibt, durch welche sie nothwendig mit gehöften zusammenfallen müssten.

Für eine Reihe von Vorkommnissen sind jedoch die Ansichten von Schacht, Dippel und Hofmeister nicht zutreffend und dies in allen jenen Fällen, wo die beiden Hälften der Querwand eine verschiedene Gestaltung erhalten. — Die Tüpfel, durch welche derartige Gestaltungen zu Stande kommen, liessen sich am ehesten noch mit halbgehöften identifiziren, wenn man überhaupt bei diesen Gestaltungsvorgängen gehöfte Tüpfel als betheiligt betrachten will. — Diese Ansicht ist jedoch unwahrscheinlich und dies insofern, als halbgehöfte Tüpfel nur zwischen ungleichwerthigen Zellen zu Stande kommen und gerade das Gegentheil einer Perforation bewirken.

Der wahre Sachverhalt könnte hier nur durch Betrachtung des Querschnittes einer im obigen Sinne gestalteten Querwand gewonnen werden.

Der Ausführung eines derartigen Querschnittes und der Betrachtung der Schnittfläche der Fasern stellen sich jedoch unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen; wir bleiben daher nur auf Vermuthungen angewiesen.

Betrachtet man die Tüpfel auf den in Rede stehenden Querwänden als einfache, d. i. als ungehöfte, so fallen alle

---

[1] Pflanzenzelle. S. 176.

[2] Bot. Zeit. 1860. S. 215, 1863. S. 124.

Schwierigkeiten, auf die man sonst bei der Erklärung der Gestaltungsvorgänge stossen würde, weg. — Nichts steht dieser Ansicht im Wege. — Aber auch dort, wo die Verdickung auf correspondirenden Stellen erfolgt, ist für manche Fälle die Anwesenheit gehöfter Tüpfel unwahrscheinlich.

Bei *Vitis* sind die Spiralgefässe, wie Sanio gezeigt hat, leiterförmig durchbrochen, wobei die Spiralfasern die bereits erwähnten Beziehungen zu den Leitersprossen zeigen. — Der Umstand, dass die ersteren ohne Unterbrechung über den Rand der Querwand hinwegziehen, um sich mit den Leitersprossen zu verbinden, deutet hier eben darauf hin, dass die Zellenfläche zwischen je zwei Leitersprossen der jungen, allseitig geschlossenen Gefässzelle gleichwerthig derjenigen ist, die zwischen je zwei Umgängen des Spiralbandes der Seitenwandungen eingeschlossen ist und hiemit mit der verdünnten Zellfläche eines einfachen Tüpfels übereinstimme [1].

Bei der Gestaltung der Gefässquerwände könnten somit auch einfache Tüpfel die Rolle spielen, die Hofmeister nur gehöfteten zuweist.

---

[1] Die netzförmigen Gefässe der Adventivwurzeln von *Agapanthus* mit leiternetzförmigen schiefen Querwänden sind in ihren ersten Entwicklungsstadien den Spiralgefässen von *Vitis* ähnlich. Die netzartige Verdickung dieser Gefässzellen ist keine ursprüngliche Bildung, dieselbe geht, wie ich mich vielmals überzeugt habe, erst aus der Spiralfaser hervor, die nach beendigtem Flächenwachsthume der Gefässzelle zunächst erscheint.

Diese primäre Spiralfaser ist rechts- oder linksumläufig und besitzt einen geringen Grad von Steilheit.

Die schiefen Gefässquerwände haben im perforirten Zustande die Gestalt einer Leiter, deren horizontale Sprossen hie und da durch eine Querfaser verbunden sind. Ist die Querwand stark geneigt, so geht das Spiralband ohne Unterbrechung über dieselbe hinweg, wodurch die Querwand leiterartig verdickt wird.

Besitzt jedoch die Querwand einen geringeren Grad von Steilheit, so spaltet sich eine Windung in der Nähe der Querwand in zwei Äste, die dann als zwei gleichsinnig gewundene Spiralbänder über die Quer- und Seitenwände verlaufen.

Bei noch geringeren Graden von Steilheit der Querwand spaltet sich eine Windung in der Nähe der Querwand in mehrere Äste, die sich abermals verzweigen; dadurch werden nun mehrere Spiralbänder gebildet, deren Umgänge die Leitersprossen und Verdickungen der Seitenwände bilden.

Sanio, der die Perforation durch einfache Tüpfel auf den Querwänden von *Coryllus Avellana* beobachtete, bezweifelt, ob ein solcher Vorgang sich überall wiederholt; nichtsdestoweniger kann man die Frage, welche Tüpfel die Gestaltung der Querwände veranlassen, nicht als erledigt betrachten.

Ich enthalte mich wegen Mangels eigener Beobachtungen jedes Urtheiles und will nur den Botanikern, denen gute optische Hilfsmittel zur Verfügung stehen, diesbezügliche Untersuchungen anempfehlen.

Nach einer Angabe von Mettenius[1] sollen die Gefässbündel der Equisetaceen keine wahren Gefässe besitzen, indem die in Schultz'scher Mischung isolirten Spiral- und Ringgefässe von *Equisetum variegatum, umbrosum, limosum* an beiden Enden fein zugespitzt und vollkommen geschlossen erscheinen. Diese Angabe ist jedoch unrichtig, da die gewöhnliche Untersuchungsmanier durch Maceriren bei den Gefässzellen der Equisetaceen nicht ausreicht.

Nur an durch Längsschnitte freigelegten Wandungen der Gefässzellen, in den meisten Fällen erst nach Anwendung färbender Mittel, seltener ohne dieselben, — gibt sich eine Ausbildung der Wandungen zu erkennen, wie sie nur wirklichen Gefässzellen eigenthümlich ist.

Meine Untersuchungen beschränkten sich auf *Equisetum arvense* und *Telmateja*, ohne sich auf eine grössere Anzahl von Arten auszudehnen, da bei der Übereinstimmung des anatomischen Baues der Equisetaceen die bei genannten zwei Species vorkommenden Gestaltungen sich voraussichtlich auch bei andern finden werden.

Von der Beschreibung der Perforationen will ich noch Einiges über die Gestaltung dieser Zellen voranschicken.

Bei beiden Arten findet man im Internodium verhältnissmässig sehr dünne ringförmig verdickte Zellen, die zugespitzt

---

[1] Abth. d. math. phys. Classe d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1861. S. 583.

endigen, denen somit eine Querwand mit einer von den Seitenwänden verschiedenen Gestaltung abgeht. Wie es mit den Seitenwandungen beschaffen ist, ob die verdünnten Membranflächen zwischen je zwei Ringen überall geschlossen sind, kann wegen der geringen Dicke der Zelle, welche eine Freilegung der Wände unmöglich macht, nicht entschieden werden. Ob somit diese ringförmig verdickten Zellen echte Gefässzellen sind, muss für jetzt unentschieden gelassen werden.

Neben diesen ringförmig verdickten Zellen finden sich im Holztheile der Gefässbündel der Internodien von *Equisetum arvense* noch Zellen, die durch ihre Verdickung als eine Mittelform zwischen den ring-, spiral- oder netzförmig verdickten Zellen angesehen werden können.

Spiralförmig verdickte Gefässzellen oder bestimmte Wandtheile derselben werden netzartig, indem je zwei Umgänge des rechtsgewundenen Spiralbandes durch eine schiefe oder durch eine in der Richtung der Längsaxe der Zelle verlaufende Verdickung verbunden werden.

Bei Zellen, denen die ringförmige Verdickung zu Grunde liegt, findet man diese Ausbildung stellenweise oft nur auf eine Hälfte der Seitenwandungen beschränkt, während die andere ununterbrochen verdickt ist.

Auf diesen ununterbrochen verdickten Wandhälften liegen grosse Tüpfel mit kreisförmigem Umrisse in einer Reihe. — Bei günstiger Lage der Gefässzellen sieht man daher in der Flächenansicht die grossen runden Tüpfel in den Zwischenraum zwischen je zweien Halbringen der anderen Seite fallen, mitunter auch Halbringe, die unter den grossen Tüpfeln verlaufen. Sind die Halbringe durch halbe Umgänge von Spiralbändern verbunden, so verlaufen diese halben Umgänge (je nach der Lage der macerirten Gefässzelle) über oder unter den grossen Tüpfeln, da in diesem Falle der grosse Tüpfel stets zwischen zwei Halbringe fällt.

Die Länge der Verdickung, innerhalb welcher die runden Tüpfel erscheinen, ist Schwankungen unterworfen; ist sie sehr gering, so findet man auf derselben nur einen Tüpfel. Bei geringer Länge derartiger Verdickungen erscheinen zwischen je zweien derselben ein oder mehr ganze Ringe. Dieselben Zellen-

formen erscheinen auch im Internodium von *Equisetum Telmateja*. Bei beiden Arten endigen diese Zellen mit geringer Zuschärfung. (Fig. 8. 9.)

Im weiteren Verlaufe der Gefässbündel zeigen die genannten Arten jedoch Verschiedenheiten. Bei *Equisetum arvense* findet man in der Nähe der Knoten netzartig verdickte Zellen, die theilweise mit den beschriebenen übereinstimmen. Dieselben sind in Fig. 10 und 11 abgebildet.

Der in Fig. 10 abgebildete Theil einer Gefässzelle zeigt auf der einen Hälfte Halbringe und Halbspiralen, auf der anderen runde Tüpfel. Diese runden Tüpfel liegen bei den Gefässzellen des Internodium in einer Verdickung, deren Breite fast der der Gefässzelle gleichkommt. Im Knoten zeigen diese runden Tüpfel nur einen verdickten schmalen Rand, dessen Gestaltung nicht immer dieselbe bleibt. In den meisten Fällen besitzt der verdickte Rand an allen Punkten dieselbe Dicke, in anderen Fällen nimmt jedoch die Dicke desselben nach einem Punkte hin allmälig ab, welche Gestaltung Fig. 11 zeigt.

Ausser diesen Gefässzellen, deren Dicke mit der der Zellen des Internodium übereinstimmt, findet man in der Nähe der Knoten noch dickere Netzzellen, die hinsichtlich ihrer Gestaltung als ein neues Zellelement des Holztheiles bezeichnet werden müssen. Die Fig. 12 stellt etwa den dritten Theil einer solchen Gefässzelle dar, die an einem Ende von einer fast horizontalen Querwand begrenzt erscheint.

Diese netzartig verdickten Gefässzellen erfahren im Knoten eine Veränderung, sie werden dort fast isodiametrisch.

Die Gefässzellen, die wir im Internodium gefunden haben, sind in den Knoten nicht mehr anzutreffen, dafür tritt dort eine neue Gefässzellenform auf, die mit den fast isodiametrischen Netzzellen, die ganze Masse des Holztheiles der Gefässbündel der Knoten bildet.

Von diesen Gefässzellen wird später die Rede sein. — Bei *Equisetum Telmateja* erfahren die Gefässzellen mit der ring-, spiral- und netzartigen Verdickung in der Nähe der Knoten ebenfalls eine Änderung ihrer Gestalt, sie erweitern sich an dem Ende, mit welchem sie mit den dem Knoten eigenthümlichen Gefässzellen in Verbindung stehen, keulenförmig. — Das keulen-

förmige Ende einer solchen macerirten Gefässzelle ist in Fig. 13 abgebildet. Das schmale Ende der Zelle zeigt ringförmige Verdickungen, der erweiterte Theil zeigt jedoch in seinen beiden Hälften verschiedene Ausbildung. In der Nähe des schmalen Endes zeigt die eine Hälfte der Erweiterung zwei Tüpfel mit verdickten und geschlossenem und drei Tüpfel mit ungeschlossenem Contour. Derartige Tüpfel mit ungeschlossenem Contour sind mir bis jetzt noch nicht vorgekommen, auch habe ich in der mir zugänglichen Literatur nichts gefunden, was sich nur im Entferntesten mit dieser Gestaltung der Tüpfelränder vergleichen liesse.

Diesen ungeschlossenen Contour kann ich mir nur durch die Annahme des Geschlossenseins der Tüpfel und einen allmäligen Übergang der dicken Ränder in die verdünnte Membran der übrigen Wandtheile erklären. Die andere Hälfte des erweiterten Theiles zeigt, wie aus der Zeichnung zu ersehen ist, Halbringe.

Im Knoten nehmen diese Gefässzellen die in Fig. 14 abgebildete Gestalt an. Diese Zellen werden oft fast isodiametrisch. Da aber bei diesen Zellen die netzförmigen Verdickungen stellenweise allmälig in die verdünnten Wandstellen übergehen, so wird dadurch das Zustandekommen eines geschlossenen Netzes unmöglich gemacht.

Ausser diesen eben besprochenen Zellen finden wir im Knoten noch netzförmige Zellen mit sehr kleinen polygonalen und grossen runden Tüpfeln. Die grossen runden Tüpfel sind entweder in Längsreihen oder auch gruppenweise angeordnet. Fig. 15. 16. 17.) Dieselben Zellen finden wir auch in den Knoten der Gefässbündel von *Equisetum arvense.*

Die wahre Natur der meisten hier beschriebenen Zellen habe ich, wie erwähnt, durch Freilegung der Wandungen derselben auf Längsschnitten erkannt. Ein derartiges Präparat aus dem Internodium von *Equisetum Telmateja,* welches in Fig. 18 abgebildet ist, zeigt die besprochenen Verdickungen einer Wandhälfte mit den darin befindlichen runden Tüpfeln. Innerhalb der runden Tüpfel die unmittelbar von den verdickten Wandtheilen umgeben werden, findet man kleinere doppelt und einfach conturirte. Derartige Bilder gewähren keineswegs alle freigelegten Zellwandungen, da wegen der Dünne der sogenannten primären Membran, die dieser Membran aufliegenden Tüpfel in den

meisten Fällen erst nach Behandlung mit färbenden Mitteln sichtbar werden; nur dann wenn die primäre Membran etwas dicker ist, werden die Tüpfel dieser Membran ohne vorhergehender Behandlung mit färbenden Mitteln sichtbar. Dem letzteren Umstande verdanken die Tüpfel der primären Membran in Fig. 18 ihre Sichtbarkeit.

Wendet man färbende Mittel an, so kann man mit grösster Sicherheit erkennen, dass

1. die der sogenannten primären Membran aufliegenden Tüpfel wirkliche Löcher sind, und
2. dass in manchen Fällen die primäre Membran innerhalb verdickter Stellen der Zellhaut ganz resorbirt ist.

Als färbende Mittel habe ich fast immer übermangansaures Kali angewendet. — Dieses Salz wurde unmittelbar vor der Beobachtung einem auf dem Objectträger befindlichen Wassertropfen zugesetzt, und dann in die dunkelviolette Lösung die Präparate gebracht. — Diese Lösung färbt Verdickungen der Zellhaut fast augenblicklich dunkelbraun, die verdünnten Stellen gelbbraun.

Derartige Präparate von *Equisetum arvense* sind in Fig. 19, 20 abgebildet; in beiden Figuren wurde die primäre Membran der Deutlichkeit wegen punktirt; man sieht, dass dieselbe keineswegs überall geschlossen ist[1].

Auch Chlorzinkjod, welches die Verdickungen gelb, die primäre Membran blau färbt, wurde angewendet. Ein derartiges

---

[1] An einem Präparate von *Equisetum arvense*, welches mit übermangansaurem Kali behandelt wurde, sah ich auf der primären Membran der runden Tüpfel zwei Löcher.

Dieses Präparat ist aber durch fremde Unvorsichtigkeit, bevor ich noch eine Zeichnung desselben entwerfen konnte, verloren gegangen, ohne dass es mir gelungen wäre, einer ähnlichen Gestaltung zum zweiten Male zu begegnen.

Dieses äusserst seltene Vorkommen zweier perforirender Tüpfel auf der verdünnten Wandstelle schliesst die Vermuthung, dass diese Löcher von dem Messer beim Anfertigen der Präparate herrühren könnten, vollständig aus; dagegen spricht auch die Gestaltung der Ränder der Löcher, die, wenn sie durch das Messer entstanden wären, gezackt sein müssten, und wegen der cilindrischen Gestalt der Gefässzellen nicht als Ovale und Kreise erscheinen könnten.

Präparat von *Equisetum arvense* ist in Fig. 21 abgebildet, welches ebenfalls die Resorption der primären Membran zeigt.

Bei der Untersuchung der Gefässe der Internodien stösst man wegen der Weichheit der Gewebe und geringen Dicke der Gefässzellen auf Schwierigkeiten. Viel leichter ist die Untersuchung der in den Knoten befindlichen Netzgefässe, welche die kleinen polygonalen Tüpfel besitzen. — Da die Zellen im Knoten dicht neben einander liegen und die umliegenden Gewebe eine grössere Festigkeit besitzen, so kann man sehr leicht Querschnitte durch dieselben darstellen, und auf diese Weise die mit den grossen Tüpfeln bedeckten Wandungen freilegen.

In allen Fällen, wo ich die mit den runden Tüpfeln bedeckten und freigelegten Wandungen mit übermangansaurem Kali behandelte, konnte ich nie eine verschliessende Membran wahrnehmen.

Die Gefässbündel der Equisetaceen entbehren daher keineswegs wirklicher Gefässe, wenn auch die Perforation an Wandtheilen geschieht, die sonst bei anderen Gefässpflanzen stets geschlossen sind. Die perforirenden Tüpfel sind bei den Gefässen der Internodien unzweifelhaft einfache, da die verdünnten Stellen der Zellhaut bei diesen Gefässen häufig nur theilweise resorbirt sind. (Fig. 18. 19. 20.) Diese Ausbildung der Gefässwände gewährt somit der oben ausgesprochenen Vermuthung, dass bei den Gefässen auch einfache Tüpfel perforirend wirken können, einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit.

Herr Prof. Dr. M. Schmidt, dem ich für die mir bei diesen Untersuchungen gewährte Unterstützung zum innigsten Danke verpflichtet bin, hat fast alle dieser Abhandlung beigegebenen Figuren mit meinen Präparaten verglichen, ohne die letzteren anders zu deuten als es von mir geschehen ist; was ich um so mehr hervorheben muss, da Herr Prof. Schmidt als Zoolog von jeder vorgefassten Meinung frei war.

Erklärung der Abbildungen.

(Vergrösserung 300—400.)

Fig. 1, 2, 3. *Senecio vernalis.*
4, 5, 6, 7. *Silene nutans.*
Die in Fig. 1—7 dargestellten Gefässquerwände sind sämmtlich an Querschnitten beobachtet worden, die durch die untersten Stamminternodien geführt wurden.

„ 8, 9. Endigungen in Salpetersäure macerirter Gefässe aus dem Internodium von *Equisetum arvense.*

„ 10, 11, 12. Macerirte Gefässzellen derselben Pflanze, jedoch aus der Grenze zwischen Internodium und Knoten.

„ 13. Keulenförmiges Ende einer macerirten Gefässzelle von *E. Telmateja.*

„ 14. Ellipsoidische Gefässzelle aus dem Knoten von *E. Telmateja* (macerirt).

„ 15, 16, 17. Gefässzellen aus dem Knoten von *E. Telmateja* (macer.).

„ 18. Freigelegte Wandungen einer Gefässzelle des Internodium von *E. Telmateja*, mit offenen Tüpfeln auf der sog. primären Membran.

„ 19, 20, 21. Freigelegte Gefässzellenwandungen von *E. arvense*, in Fig. 19 und 20 nach Behandlung mit übermangansaurem Kali, in Fig. 21 nach Behandlung mit Chlorzinkjod. In der letzteren Figur ist die gebläute primäre Membran schattirt, die gelb gefärbten Verdickungen hell gelassen worden. Innerhalb der Verdickungen befinden sich Löcher mit kreisförmigem Umriss.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

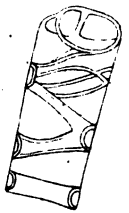


Fig. 15.

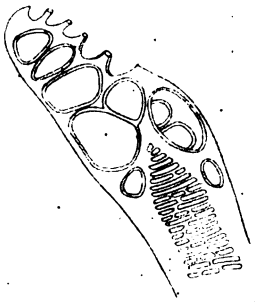


Fig. 20.

Fig. 21.

Druck von L. Wagner in Wien

III. SITZUNG VOM 16. JÄNNER 1873.

Herr Prof. Dr. E. Mach in Prag übersendet eine in Gemeinschaft mit Herrn Studios. A. Fischer ausgeführte Arbeit, betitelt: „Versuche über Reflexion und Brechung des Schalles."

Derselbe übersendet ferner eine Abhandlung des Herrn Assistenten V. Dvořák: „Zur Theorie der Talbot'schen Streifen."

Herr Dr. Jos. Kolbe, Prof. an der Wiener polytechn. Hochschule, übermittelt eine Abhandlung, betitelt: „Beweis eines Satzes über das Vorkommen complexer Wurzeln in einer algebraischen Gleichung."

Herr Prof. Dr. Th. Ritter v. Oppolzer bespricht die neueste, am 2. December v. J. in Madras gelungene Kometenentdeckung.

Herr Prof. Dr. V. v. Lang überreicht eine Abhandlung über einen von ihm construirten „Spiegelgalvanometer mit regulirbarer Dämpfung."

Herr Hofrath Dr. H. Hlasiwetz übergibt eine für den Anzeiger bestimmte vorläufige Mittheilung, betreffend eine in seinem Laboratorium vom Herrn Dr. H. Weidel in Angriff genommene Untersuchung über einige Alkaloide.

Herr Dr. J. Nowak legt eine Abhandlung: „Über die Harnstoffbestimmung mittelst titrirter salpetersaurer Quecksilberlösungen" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia Olimpica di Vicenza: Atti. 1° Semestre 1872. 8°.

Anales del Museo público de Buenos Aires. Entrega 8ª & 9ª. Buenos Aires, Paris & Halle, 1871; 4°.

Annalen der Münchener Sternwarte. XII. Supplementband. München, 1872; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 2. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1917 (Bd. 80. 21.) Altona, 1873; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 26—27. Paris. 1872; 4°.

Gesellschaft für Salzburger Landeskunde: Mittheilungen. XII. Vereinsjahr 1872. Salzburg; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 24. Wien, 1872; 4°.

— Senckenbergische naturforschende: Bericht 1871—1872. Frankfurt, 1872; 8°.

— Astronomische, in Leipzig: Vierteljahrsschrift. VII. Jahrgang, 4. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 2. Wien, 1873; 4°.

Haeckel, Ernst, Die Kalkschwämme. Eine Monographie in zwei Bänden Text und einem Bande Atlas mit 60 Tafeln Abbildungen. Berlin, 1872; kl. 4°.

Institute, The Anthropological, of Great Britain and Ireland: Journal. Vol. II, Nr. 2. London, 1872; 8°. — List of the Members. March 1872. 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 1. Graz, 1873; 4°.

Nature. Nr. 167, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Radcliffe Observatory, Oxford: Results of Astronomical and Meteorological Observations, made in the Year 1869. Oxford, 1872; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." 2e Année, IIe Série, Nr. 28. Paris, 1873; 4°.

Société des Sciences naturelles de Neuchatel: Bulletin. Tome IX, 2e Cahier. Neuchatel, 1872; 8°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XIXe, 1872. Revue bibliographique A—B. Paris; 8°.

Society, The Edinburgh Geological: Transactions. Vol. II, Part 1. Edinburgh, 1872; 8°.

— The Chemical, of London: Journal. Ser. 2, Vol. X. August to October 1872. London; 8°.

— The Royal Geographical, of London: Proceedings. Vol. XVI, Nrs. 3—4. London, 1872; 8°.

Society, The Linnean, of London: Transactions. Vol. XXVII, Part 4. (1871); Vol. XXVIII, Parts 1 & 2. (1871 & 1872); Vol. XXIX, Part 1. (1872.) London; 4°. — Journal. Botany: Vol. XIII, Nrs. 66—67 (1872); Zoology. Vol. XI, Nrs. 53—54. (1871). 8°. — Proceedings. Session 1871—72. 8°. — List. 1871. 8°.

Verein, naturwissenschaftl., zu Bremen: Abhandlungen: Beilage Nr. 2. Bremen, 1872; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 2. Wien, 1873; 4°.

IV. SITZUNG VOM 30. JÄNNER 1873.

Der Secretär legt eine, im Wege der k. k. Seebehörde in Triest eingelangte goldene Medaille (nebst dem zugehörigen Diplome) vor, welche aus Anlass der internationalen maritimen Ausstellung zu Neapel, im April 1871, der Adria-Commission der kais. Akademie für ausgestellte Instrumente und wissenschaftliche Arbeiten zuerkannt worden ist, sowie ein zweites Diplom der landwirthschaftlichen Industrie- und Kunstausstellung zu Triest, im November 1871, wodurch der Adria-Commission für dieselben Ausstellungs-Objecte gleichfalls eine goldene Medaille zuerkannt wurde.

Die Direction der k. k. Staats-Oberrealschule zu Graz dankt, mit Zuschrift vom 28. Jänner, für die Betheilung dieser Lehranstalt mit dem Anzeiger der Classe.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Die Periodicität des Wasserstandes der Salzach, Saale und Gasteiner Ache", von dem c. M. Herrn Vice-Director K. Fritsch in Salzburg.

„Ein allgemeines Gesetz für die Kreistransversale", vom Herrn Jos. Schram, Professor am Communal-, Real- und Obergymnasium in Mariahilf.

„Die Grundursache aller chemischen und physikalischen Vorgänge des Weltalls", vom Herrn J. Bregeard, Enregistrements-Einnehmer in Strassburg.

„Zur mechanischen Theorie der Elektrolyse", vom Herrn Karl Domalip, Assistenten für Physik am deutschen Polytechnikum zu Prag.

Herr Dr. A. Boué legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Bemerkungen über die von Dr. A. Wolfert erneuerte Theorie der Polarlichter durch Reflexion und Brechungs-Phänomene der Sonnenstrahlen".

Herr Prof. Dr. A. Winckler überreicht eine Abhandlung: „Integration der linearen Differentialgleichung zweiter Ordnung, deren Coëfficienten lineare Functionen der unabhängigen Veränderlichen sind."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften und Künste, Südslavische: Rad. Knjiga XXI. U Zagrebu, 1872; 8°. — Starine. Knjiga IV. U Zagrebu, 1872; 8°. — Stari pisci hrvatski. Knjiga IV. U Zagrebu, 1872; 8°.

— — Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. September & October 1872. Berlin; 8°.

— — Königl. Bayer., zu München: Sitzungsberichte der philos.-philolog. und histor. Classe. 1872. Heft 2—3. München; 8°.

— — Inhaltsverzeichniss zu Jahrgang 1860—1870 der Sitzungsberichte der k. b. Akad. d. Wiss. München, 1872; 8°.

American Journal of Science and Arts. Third Series. Vol. IV, Nrs. 19—24. New Haven, 1872; 8°.

Annalen der Chemie, von Wöhler, Liebig, Kopp, Erlenmeyer und Vohlard. N. R., Band LXXXIV, Heft 1—3. Leipzig und Heidelberg, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 3. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1918—1919. (Bd. 80. 22—23.) Altona, 1873; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLV, Nr. 180. Genève, Lausanne, Paris, 1872; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 1—2. Paris, 1873; 4°.

Franke, Aug. Moritz, Die Erde als organischer Körper dargestellt und beschrieben. Dresden. 1873, 8°. — Beschreibung einer Sammlung von Gebirgsarten, aus denen vorzugsweise die Ackererde entstanden ist etc. Dresden, 1872; 8°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: VIII. Bd., Nr. 1—2. Wien, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 3—4. Wien, 1873; 4°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VI, 7. & 8. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Kasan, Universität: Bulletin et Mémoires. 1869, Heft V—VI; 1870, Heft I—IV; 1871, Heft I—IV. Kasan; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 2. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873. Nr. 1. Wien; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. Jahrgang 1872. Ergänzungsheft Nr. 34. Gotha; 4°.

— Mineralogische, von G. Tschermak. Jahrg. 1872, Heft IV. Wien; kl. 4°.

Nature. Nrs. 168—169, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Observations made at the Magnetical and Meteorological Observatory at Batavia, Vol. I. Batavia, 1871; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". II° Année, 2° Série, Nrs. 29—30. Paris, 1873; 4°.

Society, The Royal Geographical, of London: Journal. Vol. XLI. 1871. London; 8°. — Classified Catalogue of the Library of the R. Geogr. Soc., to December, 1870. London, 1871; 8°.

Tübingen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871. 4° & 8°.

Verein, Entomologischer, in Berlin: Berliner Entomologische Zeitschrift. XVI. Jahrg. II—IV. Vierteljahrsheft. Berlin, 1872; 8°.

— Nassauischer, für Naturkunde: Jahrbücher. Jahrg. XXV und XXVI. Wiesbaden, 1871 & 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang. Nr. 3—4. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins XXIV. Jahrgang. 18. Heft. Wien, 1872; 4°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

ERSTE ABTHEILUNG.

2.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Botanik Zoologie, Geologie und Paläontologie.

V. SITZUNG VOM 6. FEBRUAR 1873.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Hofrath Freih. v. Ettingshausen den Vorsitz.

Die Direction des k. k. Real- und Obergymnasiums zu Oberhollabrunn dankt, mit Zuschrift vom 30. Jänner, für die Betheilung dieser Lehranstalt mit den akademischen Schriften.

Herr Prof. L. Gegenbauer in Krems übersendet eine „Note über bestimmte Integrale."

Herr Dr. B. Igel legt eine Abhandlung: „Zur Theorie der linearen Differentialgleichungen und der Algebra" vor.

Herr Dr. E. Priwoznik, Haupt-Münzamts-Chemiker, übergibt eine Abhandlung: „Über eine durch schwefelhältiges Mineralwasser bewirkte Veränderung von Gusseisen."

Herr Dr. H. Frombeck überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Der Parallelismus der Lehren von den Fourier'schen Integralen und den geschlossenen Integrationen, als das Hauptergebniss einer selbständigen, von den herrschenden Ansichten abweichenden Theorie der bestimmten Integrale."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie des Sciences, Belles-Lettres & Arts de Lyon: Mémoires. Classe des Lettres. Tome XIV°, Paris & Lyon, 1868—1869; Classe des Sciences. Tome XVIII°. Paris & Lyon, 1870—1871; gr. 8°.

Accademia Pontificia de' nuovi Lincei: Atti. Anno XXVI, Sess. 1°. Roma, 1873; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr. Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 4. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1920 (Bd. 80. 24.) Altona, 1873; 4°.

Central-Observatorium, physikalisches, zu St. Petersburg. Annalen. Jahrgang 1870. St. Petersburg, 1872; 4°. — Meteorologische Übersicht Russlands. Herausgegeben von den Berg-Ingenieuren unter der Leitung von A. Kupffer. St. Petersburg, 1854; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences Tome LXXVI, Nr. 3. Paris, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 5. Wien, 1873; 4°.

Grunert, Joh. Aug., Archiv der Mathematik und Physik. LIV. Theil, 4. Heft. Greifswald, 1872; 8°.

Helsingfors, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871—1872. 4° & 8°.

Koninck, L. G. de, Nouvelles recherches sur les animaux fossiles du terrain carbonifère de la Belgique etc. Ire Partie. Bruxelles, 1872; 4°.

Marburg, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871—1872. 4°, 8° & Folio.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 19. Band, 1873. I. Heft. Gotha; 4°.

Nature. Nr. 170. Vol. VII. London, 1873; 4°.

Observatorio de Madrid: Anuario. Año IX—XII. 1869—1871. Madrid; kl. 8°. — Observaciones meteorológicas efectuadas en el Observatorio de Madrid. 1866—1870. Madrid, 1868—1871; 8°. — Resumen de las Observaciones meteorológicas efectuadas en la Península. 1866—1870. Madrid, 1868—1872; 8°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Jahrbuch. Jahrgang 1872. XXII. Band. Nr. 4. Wien; 4°. — Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 17—18. Wien; 4°. — General-Register der Bände XI—XX des Jahrbuches und der Jahrgänge 1860—1870 der Verhandlungen. Von A. Senoner. Wien, 1872; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger. IIe Année, 2e Série, Nr. 31. Paris, 1873; 4°.

Société Nationale des Sciences naturelles de Cherbourg: Mémoires. Tomes XV & XVI (2e Série, Tomes V & VI). Paris & Cherbourg, 1870 & 1871/72; 8°.

Société Nationale Académique de Cherbourg: Memoires. 1871 Cherbourg & Caen; 8°.

— d'Agriculture, Histoire naturelle et Arts utiles de Lyon: Annales. IVe Série. Tomes I—II. 1868—1869; Lyon et Paris, 1869 & 1870; gr. 8°.

— Linnéenne de Lyon: Annales. Année 1870—71. (Nouvelle Série.) Tome XVIIIe. Paris, 1872; gr. 8°.

— des Ingénieurs civils: Mémoires et Compte rendu des travaux. 3e Série. 24e Année, 3e & 4e Cahiers. 1871; 4e Série. 25e Année, 1er & 2e Cahiers. Paris, 1872; 8°. — Séance du 10 Janvier 1873. 8°.

Verein, Naturhistorisch-medicinischer, zu Heidelberg: Verhandlungen. VI. Bd. 2. Heft. Heidelberg, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 5. Wien, 1873; 4°.

VI. SITZUNG VOM 13. FEBRUAR 1873.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Hofrath Freih. v. Ettingshausen den Vorsitz.

Herr Prof. Dr. R. Maly in Innsbruck übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Monochloracetylsulfoharnstoff und Sulfhydantoin".

Herr Prof. Dr. E. Suess überreicht eine Abhandlung des Herrn J. F. Brandt, Mitgliedes der kais. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg, betitelt: „Blicke auf die Verbreitung der in Europa bisher entdeckten Zahnwale der Tertiärzeit in specieller Beziehung auf die des Wiener Beckens."

Herr Dr. A. Boué legt eine Abhandlung vor: „Über wenig berücksichtigte geologische Theorien zur Auffindung von rentablen Bergwerken in weit entlegenen Erdgegenden".

Herr Prof. Dr. Th. Ritt. v. Oppolzer übergibt eine Abhandlung: „Nachweis für die im Berliner Jahrbuche für 1876 enthaltenen Ephemeriden der Planeten (58) Concordia, (59) Elpis, (62) Erato, (64) Angelina und (113) Amalthea".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Annales des mines. VIIe Série. Tome II. 4e Livraison de 1872. Paris; 8°.

d'Arrest, H., Indbydelsesskrift til Kjøbenhavns Universitets Aarsfest til erindring om kirkens reformation. Kjøbenhavn, 1872; 4°.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1872, Nr. 11 e 12. Firenze, 1872; kl. 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences Tome LXXVI, Nr. 4. Paris, 1873; 4°.

Feistmantel, Otakar, Über Fruchtstadien fossiler Pflanzen aus der böhmischen Steinkohlenformation. I. Hälfte: *Equisetaceae* und *Felices*. (Abhdlgn. d. k. böhm. Ges. d. Wiss. VI. Folge. 5. Bd.) Prag, 1872; 4°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVI (neuer Folge VI). Nr. I. Wien, 1873; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 3, Wien, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 6. Wien, 1873; 4°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo II^do, Serie IV^a, Disp. 1^a. Venezia, 1872—73; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VI, 9. & 10. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Königsberg, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1872. 4° & 8°.

Landbote, Der steierische. 6. Jahrgang, Nr. 3. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1873, Nr. 2. Wien; 8°.

Menabrea, Louis Frédéric, Principe général pour déterminer les pressions et les tensions dans un système élastique. Turin & Paris, 1868; 4°. — Sul principio di elesticità. Torino, 1870; 8°. — Intorno ad un scritto del Sig. Prof. Angelo Genocchi. Roma, 1872; 4°.

Moniteur scientifique du Docteur Quesneville. 17e Année. 3e Série, Tome III. 374e Livraison. Paris, 1873; 4°.

Nature. Nr. 171, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Plantamour, E., Résumé, météorologique de l'année 1871 pour Genève et le Grand Saint-Bernard. Genève, 1872; 8°.

— et A. Hirsch, Détermination télégraphique de la différence de longitude entre les stations Suisses. Genève et Bale, 1872; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 1. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger.“ IIe Année, 2e Série, Nr. 32. Paris. 1873; 4°.

Schiaparelli, G. V., e P. F. Denza, Sulla grande pioggia di stelle cadenti prodotta dalla cometa periodica di Biela e osservata la sera del 27 novembre 1872. 8°.

Societas Entomologica Rossica: Horae. T. VIII. Nr. 3—4. Petropoli, 1872; 8°. — Irudy, T. VI, Nr. 3 & 4. (1871); T. VII. Nr. 1. (1872) St. Petersburg; 8°.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XIXe. Comptes rendus 1; Revue bibliographique C. Paris, 1872; 8°.

— Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIe Année, Nrs. 8—10. Constantinople, 1872—1873; 4°.

Verein, naturwissenschaftlicher, von Neu-Vorpommern und Rügen: Mittheilungen. IV. Jahrgang. Berlin, 1872; 8°.

— naturforschender, in Brünn: Verhandlungen. X. Band. 1871. Brünn, 1872; 8°.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftl. Veterinärkunde. XXXVIII. Band, 2. Heft. Wien, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 6. Wien 1873; 4°.

Wolf, Rudolf, Beiträge zur Geschichte der Schweizer Karten. I. Zürich, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 1. Heft. Wien, 1873; 4°.

Über wenig berücksichtigte geologische Theorien zur Auffindung von rentablen Bergwerken in weit entlegenen Erdgegenden.

Von dem w. M. Dr. A. Boué.

Wie in der Landwirthschaft für die Chemie und Botanik, so geschieht es in der Bergbaukunde, dass man sich einbildet, alle Theorien der Geologie nicht berücksichtigen zu brauchen, und die gewöhnliche Praxis hinlänglich hält, um ein rentables Geschäft zu machen. Durch diese Missachtung der Wissenschaft und des Gelehrtenstandes beraubt sich im Gegentheil der Speculant möglicherweise manchmal der schönsten Aussichten auf bedeutenden Gewinn. Der Bergmann sieht auf den Geologen mit verwunderten Augen, wenn er nicht alle seine Stollen und Schächte durchstöbert, wo er aber nur zu oft sehr wenig für ihn Nothwendiges oder nicht Geahntes findet, weil Mauern und Bretter die Felsenschichten sehr oft bedecken. Wie kann so einer, denkt er, mich etwas lehren? Auf der anderen Seite, indem der Bergmann die meisten geologischen Theorien als Grübeleien nur ansehen möchte, ersinnt er fast immer für die Localität seines Baues empirische Regeln, welche, wenn nicht Hirngespinnste, nur auf einem sehr beschränkten Raum sich bewähren.

Diese nur zu oft vorkommende Kurzsichtigkeit des praktischen Bergmannes schickte ich voraus, weil ich im Sinne habe, über geologische Theorien zu sprechen, über welche die meisten Bergleute wenig nachgedacht haben; ich meine die schätzbaren bergmännischen Schlüsse, welche man aus der Richtung der Gänge, sowie aus den sie begleitenden Felsarten über sehr weitläufige Theile der Erde ziehen kann.

Die werthvollen Mineralschätze des Erdballes bilden wahre Schichtencomplexe, oder nur einzelne Flötze oder auch nur

Gänge. Die ersteren und selbst die zweiten werden nach Formationen gesucht und gefunden, indem für Gänge, sowie für gewisse Flötze man nicht nur die Eintheilung der Erdkruste in Gruppen kennen soll, sondern man muss auch seine Zuflucht zu geologischen Theorien nehmen, wie zum Beispiel die über die Richtungen der Gänge sammt ihren begleitenden Felsarten, besonders der plutonischen Reihe. Aber um von einem Lande zum andern solche Erdschätze verfolgen zu können, gehört vorzüglich eine eigene sehr vernachlässigte Theorie, auf welche sehr wenige Personen Rücksicht genommen haben. Doch über jedes Land, selbst das uncultivirteste, liegen über das Vorhandensein von Erz Andeutungen vor, und noch dazu haben manche Reisende auf verlassene Bergwerke und selbst Schlackenhügel mit möglichen Reichthümern verschiedener Art aufmerksam gemacht. Im letzteren Falle wäre immer zu forschen, ob mit unserer jetzigen sehr verbesserten Metallurgie die Schlacken jetzt nicht zu verwerthen sein könnten.

Dieses zeigt aber, wie wichtig es wäre, aus allen alten Classikern die gewissenhaft geschriebenen Zeugnisse für die Existenz des einen oder anderen nützlichen Minerals und Metalls herauszuziehen. Zu der Rechtfertigung meines Ausspruches brauche ich nur auf die Wiederaufschliessung der im atheniensischen Gebirge Laurion seit Jahrhunderten verborgenen Schätze zu verweisen, deren Werth Ansted auf 7 Millionen Pfund Sterling schätzt. Aus diesem Process zwischen der griechischen Regierung und Speculanten sieht man aber, dass solche archäologische Forschungen jetzt zwei sehr praktische Seiten haben, namentlich die Wiederaufnahme der im Alterthum gehobenen Schätze, sowie die Verwerthung der als taub oder als Schlacken weggeworfenen Erze.

Über die allgemeine Richtung der Erzflötze und Gänge auf dem Erdballe finden wir nur locale Bruchstücke. In diesem Sinne haben Bergleute sich damit sehr beschäftigt, und schon im Jahre 1781 gab J. F. Lempe eine Methode an, um die Hauptrichtung eines Ganggebiets zu bestimmen (Leipzig, Magaz. z. Naturk., Mathem. u. Ökon. H. 2, Abth. 3). Hier nur einige Beispiele von solchen Schlüssen für grössere Ländercomplexe: Rivière behauptet, dass in Europa

die Hauptrichtung der Blei- und Blendegänge die von NW. nach SO. sei. (C. R. Ac. d. Sc. P. 1857, Bd. 45, S. 969). R. W. Fox geht noch weiter, und möchte alle Metallablagerung in Gängen sehen, welche von O. nach W. oder von NO. nach SW. laufen (Brit. Assoc. 1836; Phil. Mag. 1836, 3. Ser. Bd. 5, S. 229). Hopkins möchte allen Gängen Amerika's fast nur eine N.—S.-Richtung geben. C. Bryan ist nicht ganz so systematisch, denn er gibt den Gängen der edlen Metalle nicht nur die N.—S.-Richtung, sondern auch manchmal die O.—W.-Richtung (Wild Life in the Interior of Central-America. 1849. Ausland 1849, S. 527).

Moissonnet und besonders Chancourtois haben sich bemüht, die bekanntesten Metallgänge und Lagerstätten mit den idealen Kreisen des Pentagonalnetzes des Herrn Elie de Beaumont in innige Verbindung zu bringen (C. R. A. d. Sc. P. 1862, B. 55, S. 759—762; Ann. d. Min. 1863, 5. Ser. B. 3, p. 161—173; C. R. A. 1863, B. 51, p. 369—374, 421—423, 731—735) u. s. w.

Was die locale Richtung der Gänge und Lagerstätten für grössere und kleinere Länder betrifft, besitzen wir ein reiches Material, und überall in diesem sehen wir beide Lager-Arten mehrfach und parallel auftreten, so dass, wenn Erzgänge und Lagerstätten von verschiedenen Richtungen und verschiedenen Altern sich kreuzen, wahre netzförmige Bildungen entstehen, welche dann den Erdspaltungen verschiedener Zeitperioden entsprechen, und wahrscheinlich mehr oder weniger mit ehemaligen Mineralwässerausflüssen in Zusammenhang waren.

Wichtiger als dergleichen Aphorismen, für Districte, Länder und Welttheile, bleibt die folgende bewährte Thatsache, dass die meisten Metallgänge, sowie metallreiche Lagerstätten den grossen Gebirgsrücken parallel laufen (siehe Schmidt, Karsten's Arch. f. Bergbau, 1821, Bd. 4, S. 9 u. 10; Chancourtois, C. R. Ac. d. Sc. P. 1862, B. 55, S. 312—316). 1. Die Spatheisenlager der Alpen beweisen diesen Satz vollständig; 2. dass das hohe Alter der Hauptgänge durch gewisse analoge Richtungen und selbst Neigungen bestimmbar erscheint (siehe Werner's Gang-Theorie, 1791, Cap. V, §. 57); 3. dass die Gänge desselben Alters meistens parallel unter einander sind; 4. dass die Gänge sowie manche Metalllagerstätte dieselben

Richtungen wie gewisse plutonische Eruptivmassen, als viele Mineralwässer, besonders die Säuerlinge und Thermalquellen besitzen, indem die grossen Erdbeben auch denselben Richtungen folgen, oder wenigstens parallel mit denjenigen der Gänge und Metalllager die Erde gerüttelt haben; 5. dass diese Correlation, anstatt zu allen Zeiten dieselbe gewesen zu sein, sehr verschiedenartig war. So veränderte sich mit der Zeit die Natur der Eruptionsmassen, wie der Mineralwässer, besonders was die Menge der letzteren anbetrifft, indem wir hinsichtlich der Erdbeben eine erhebliche Verschiedenheit in diesen während der geologischen Zeitperioden annehmen können. Auf diese Weise müssten auch ihre dynamischen Resultate mit der Zeit sich sehr modificirt haben. Es ist sattsam bekannt, wie die mit älteren Porphyren oder die mit Trachyten oder Rhyoliten verbundenen Metallschätze verschiedener Natur und selbst wie verschieden ihre Gangmassen sind.

Wenn man mit diesen Thatsachen ausgerüstet, noch dazu die Erzandeutungen in allen Ländern der Erde in Betrachtung zieht, so erkennt man leicht auf geographischen Karten, dass die Erzablagerungen, welchen Namen sie auch tragen mögen, auf gewissen Linien und nicht unregelmässig zerstreut liegen.

Schon im Jahre 1849 wies Haidinger nach, dass Borsäure oder diese Säure führende Mineralien fast auf einer Meridianlinie von Nord nach Süd in Europa vorkämen, nämlich zu Arendal, Segeberg, Lüneburg, Strasburg, Andreasberg, Wolfberg, Modena, Sasso, Volterra und auf der Insel Vulcano (Sitzb. d. kais. Akad. d. Wiss. 1849, S. 218—220).

Voriges Jahr hat Herr Baron Const. v. Beust Ähnliches für gewisse Erzvorkommen in der österreichischen Monarchie bewiesen, wie zum Beispiel, dass die silberhaltigen Bleiglanzgänge von Peggau und Feistritz in Steiermark auf derselben S.—N.-Meridianlinie als diejenigen von Budweis, von Přibram und selbst von Freiberg in Sachsen liegen (Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1872, Bd. 22, S. 143—146).

Nimmt man die geologische Karte Europa's und der angrenzenden Länder in die Hand, so findet man auch, dass hie und da dieselben Erze oder wenigstens nahe verwandte Erze auf

gewissen nord-südlichen Linien oder in der Nähe dieser Richtung sich befinden. So z. B. kann man die silberhaltigen Erze des Berges Laurion unfern von Athen, oder wenn es beliebt, die der Chalcis mit denjenigen von Karatova in Central-Macedonien, von Kurkumli in Ober-Mösien, oder zwischen dieser Stadt, Pristina und Vrania, von Schturatz oder Maidan in Serbien und von Schemnitz in Ungarn auf solche Weise in Verbindung bringen.

Ähnliche lineare Verbindungen findet man zwischen den Bleigruben des südlichen Schottlands und denjenigen im englischen Derbyshire, zwischen dem Silberbergwerke in Kongsberg in Norwegen und demjenigen im Clausthal am Harz, sowie zwischen Erzgruben in Nord-Tirol und Central-Italien, zwischen den vogesischen Bergwerken und den piemontesischen im Aosta-Thal, sowie einigen Gruben Sardiniens, zwischen dem Kupferwerke zu Tokat in Klein-Asien und den Metallschätzen in Abyssinien und selbst in Süd-Afrika.

Die bekanntesten Bergwerke des Ural zu Bogolovsk, Tagilsk, Beresov, Kishtimsk, Miask u. s. w. liegen alle auf einer mit der Uralkette fast parallelen N.—S.-Linie. In beiden Amerika bemerkt man ähnliche, sehr merkwürdige und oft erwähnte Verhältnisse. Ob man selbst eine Causalverbindung zwischen den Metallschätzen des Altais, sowie des Nertschinsker-Districtes mit den erzreichen hinterasiatischen (Malacca-Halbinsel, malaiische Insel, Borneo u. s. w.), sowie zwischen gewissen japanesischen und ostaustralischen Erzlagern (Kupfer, Gold u. s. w.) vermuthen könnte, begnüge ich mich, nur als problematische Fragen hinzuzufügen. Zur besseren und vollständigeren Beurtheilung solcher alignirter Erdschätze wäre eine grosse Weltkarte nur mit den Localitäten der bekanntesten und verschiedenartigen Bergwerke ein ungeheurer Vortheil; möge Jemand solche Arbeit unternehmen.

Wenn man auf solchen Linien verlassene Bergwerke oder selbst grosse Lager von alten Schlacken, wie in Ober-Mösien, in Central-Bosnien, in Serbien u. s. w. findet, oder in Werken adnotirt bemerkt, so muss der Bergmann, nach Prüfung der möglicherweise noch vorhandenen Bergwerksberichte die Ortschaften aufsuchen, wo Schlacken liegen, um sie chemisch zu

untersuchen, weil er möglicherweise reiche Früchte seiner Mühe daselbst gewinnen kann.

Wenn man sich bemüht, die Bildung aller Erze, sowie ihre besondere Verbreitung allein durch neptunischen Chemismus erklären zu wollen, weil diese Theorie manchmal sehr schön auf gewisse Fälle passt, so stosst man oft auf unlösbare Räthsel, unter welchen dasjenige besonders auffällt, wenn man sich die Ursprungsfrage der Metalle stellt. Bei der plutonischen Theorie entfallen aber diese Schwierigkeiten, wenn man wenigstens kosmische Möglichkeiten in Betracht zieht. In dieser Richtung führt die Theorie über die Eigenthümlichkeiten der Erzniederlagen zu besonderen Ansichten über die Natur des Inneren unserer Erde.

Erstens wird uns Niemand bestreiten können, dass dynamische Kräfte den Erdball mehrmals in gewissen Richtungen zu gewissen Zeiten gespalten haben, und dass ein Theil dieser Spalten mit Erzen später gefüllt wurde. Ob bei vielen dieser Process ein neptunisch-chemischer, manchmal allein, manchmal vereinigt mit Sublimation, war, ob Mineral- und Thermalwässer dazu mächtig beigetragen haben, bestreitet heutzutage Niemand mehr.

Wenn wir aber die Resultate eines wässerigen Chemismus in manchen Erzlagerstätten wie in gewissen Blei- und Zinkerzen, in gewissen verschiedenartigen Eisen-, Mangan- und Kobalterzen, in den sogenannten Kupferschiefern, Eisencarbonaten und Hydraten u. s. w. recht gerne zugeben, so bleibt dann doch noch immer die Erklärung ungelöst, woher diese Metalle eigentlich in die Erdrinde gekommen sind. Nimmt man aber an, dass sie aus dem Innern der Erde herstammen und nur durch Sublimation oder durch mit metallischen Verbindungen geschwängerte Mineralwässer aus der Erde erzeugt wurden, so löst man zu gleicher Zeit zwei Probleme, nämlich die Bildung der jetzigen Erze, sowie ihren ehemaligen Sitz in der Erde.

Die Urnatur der Erze scheint besonders die Schwefelverbindung gewesen zu sein, wenn wenigstens die Metalle selbst nicht gediegen waren.

Seltener waren in allen Fällen die Metallverbindungen mit Fluss- oder Jodsäure.

Der chemischen Zusammensetzung der Meteoriten und der Häufigkeit des Eisens auf der Erde gemäss, scheint man doch

immer mehr berechtigt zu sein, den metallischen Kern unserer Sphäre vorzüglich aus letzterem Metall bestehen zu lassen. Doch in der Mitte dieses Eisenkörpers und besonders in seinen inneren und centralen Theilen wird man uns doch zugeben, dass die anderen seltener und theilweise specifisch viel schwereren Metalle vertheilt sein möchten. Dass man in späteren Zeiten in Meteoriten auch letztere einmal finden wird, bin ich kühn genug, zu weissagen, da schon so viele unserer Metalle und Erze in denselben nach und nach entdeckt wurden.

Mit diesen wohl wenig bestrittenen Axiomen ausgerüstet, fänden wir nun in der Hypothese eines noch halb feuerflüssigen Erdkernes ein ziemlich wahrscheinliches Instrument, um manche Räthsel in der Hervorbringung der Erze zu erklären. Wenn dieses Innere durch die Sonnen- und Mond-Attraction gewissen Bewegungen, vielleicht selbst sehr periodischen Bewegungen, wirklich unterworfen wäre, so könnte man ohne Anstand auch die Behauptung aufstellen, dass Planeten und selbst andere Weltkörper in gewissen geologischen Zeiten einen ähnlichen Einfluss auf solche Theile unserer Erde gehabt haben mögen, indem in letzterer die Erd-Rotation durch die Centrifugalkraft immer eine Tendenz hat haben müssen, Veränderungen in der Form und besonders in gewissen Zonen des Erdkernes zu verursachen.

Nimmt man aber solche Möglichkeiten an, so wird man unwillkürlich zu Spaltenbildungen im Erdkerne geführt, mögen diese nun nur für eine Zeit geblieben sein oder nicht. Durch der Rotation und centrifugalen Kraft gemäss mussten diese Spalten ganz besonders meridianartig entstehen, indem dadurch ganz und gar nicht secundäre Seitenspalten unter einem rechten oder selbst schiefen Winkel ausgeschlossen wären. Wenn wir aber solche Spaltungen zugeben und die grosse Hitze des Erdcentrums berücksichtigen, so müssen wir einsehen, dass durch jede dieser Spalten ein grösseres Quantum von Hitze als früher ausstrahlen konnte und musste. Nur bei dieser Voraussetzung wird es nicht schwer zu begreifen sein, dass die für Sublimation schwersten Metalle aus dem Inneren nicht nur an der Oberfläche des Erdkernes, sondern selbst bis in die Spalten der Erdrinde heraufkommen konnten.

Sehen wir uns jetzt mit dieser Theorie in den Erzlagergängen und Stöcken um, und wir werden darin einen Schatz von Vernunftschlüssen finden, welcher uns selbst manche unlösbare Räthsel der Erzverbreitung leicht zu lösen erlaubt. Als unleugbar und allgemein angenommen ist die Thatsache, dass gewisse Erze an gewisse eruptive Felsarten gebunden sind. Wohlverstanden, dass ich unter letzterem Namen auch jene Gebirgsarten begreife, bei deren Hervorbringung heissen Dämpfen, sowohl wässerigen als metallischen, eine wichtige Rolle zuerkannt wurde. So gibt man zu:

1. Dass Zinn, Molybdän, Tungstein, Tantal, Uran, Cerium und selbst Antimon an granitische Gebirgsarten besonders gebunden zu sein scheinen.

2. Dass Titan, Zircon mit Sieniten besonders vorkommen, indem das erste Metall oft mit Eisen verbunden ist.

3. Dass Gold meistens mit Trachyten oder Porphyren in Verbindung steht, indem die Goldgänge sehr oft nur aus Quarz bestehen, welches letztere Mineral wohl oft eher ein chemischer Niederschlag von Thermalwasser als ein Feuerproduct sein wird.

Als Begleiter des Goldes erscheint nur in sehr wenigen Gegenden (Siebenbürgen u. s. w.) Tellur und Wismuth, sowie auch Manganspath.

4. Dass Mangan und vorzüglich Silber an Porphyre gebunden sind, und dass letzteres Metall oft mit Blei, seltener mit Selenium, Quecksilber und Antimon vereinigt bekannt geworden ist.

5. Dass das Quecksilber mit Porphyr und Trachyteruptionen in die Erdrinde gekommen zu sein scheint, aber eine Möglichkeit ist nicht dadurch ausgeschlossen, dass es in tertiärer und selbst in alluvialer Zeit durch seine leichte Verflüchtigungsfähigkeit auch bis an die Erdoberfläche gekommen ist.

6. Dass Platina und seine Metallbegleiter, namentlich Palladium, Osmium, Iridium, sowie Chromeisen, in jenen metamorphosirten Olivin- oder Chrysolith-Felsarten, Serpentine genannt, ihre ganz besondere Lagerstätte fanden, und dass Platin noch dazu vorzüglich in beiden Amerika, sowie am Ural vorkommt, und das Chromeisen in grosser Menge nur selten erscheint.

7. Dass Kupfer, Blei und Zink mit Trappgesteinen besonders erzeugt wurden; beide letzteren sind sehr oft in Kalkfelsen eingeschlossen, in denen das gediegene Kupfer manchmal massenhaft in grösseren oder kleineren Klumpen, wie Gold, Platin und Chromeisen, vorkommt. Ausser Kupferkies, welches förmliche Lager, Stöcke und Gänge bildet, scheinen die anderen mineralischen Kupfersalze nur Afterproducte der Erze.

8. Dass Nickel nie in grossen Massen vorkommt, aber mit Arsenik und Eisen ein Erz bildet, das zu verschiedenen Zeiten Silber, Blei und Zink begleiten.

9. Dass geschwefelter Kobalt als bauwürdiges Erz fast nur in älterem Schiefergebirge selten vorkommt, indem geschwefeltes Eisen, Kupfer und Nickel Theile von Gangmassen mancher Erzlagerstätten bilden.

Nach unserer Theorie ist das linear-meridiane oder fast N.—S.-Auftreten der grössten Erzreviere nur ein nothwendiges Corollar derselben. Indessen, wenn es einzelne Erzdistricte gibt, welche auf dem Erdball wie vereinzelt dastehen, so zeugen diese Thatsachen nicht wider unsere Hypothese, denn es wären nur untergeordnete Spalten oder ein Anfang einer Spaltung, in welcher zur Weiterführung derselben die Centrifugalkraft nicht mächtig genug war.

Unter allen Erzlagern sind die merkwürdigsten die sogenannten Stöcke oder Stockwerke, die sogenannten metallreichen Felsenblätter und die allgemeine Verbreitung der Erze in einer Gebirgsart. Nun diese drei Arten der Lagerstätten sind neptunisch schwerlich erklärbar, während bei unserer Theorie dieser Fall nicht eintritt.

Die Stöcke werden, wie bekannt, durch ein Netz von kleinen Gängen und Schnüren gebildet. Das Gestein ist durch Bewegung sowie durch Hitze nach und nach gespalten und zerrissen worden, und die Erze haben sich durch Sublimation in den Ritzen abgelagert, um später durch wässerige Infiltration oder Säuerlinge in gewisse Mineralien und Aftererze eingehüllt zu werden. Als äussere Vertheilung dieser Art kommt man dann zu den sogenannten, mit Erzen, wie zum Beispiel mit Gold, Quecksilber, Platin, Eisenkies u. s. w. imprägnirten Felsarten, wie man sie in dem goldreichen Vöröspatak u. s. w. oft beschrieben

hat. Was aber die metallreichen Blätter in Kalkstein oder Schiefer betrifft, so gibt unsere Theorie wirklich den Schlüssel zu dieser räthselhaften Lagerstätte. Man braucht sich nur eine Gebirgsmasse zu denken, welche durch dynamische Kräfte, sowie Hitze grosse Spalten bekommt. In diese stiegen sublimirte Metalle, welche Dämpfe hie und da nicht nur in den Hauptspalten, sondern auch in den Seitenrissen Niederschläge bildeten. Wie Trappe und Basalte Gänge, beim Durchbruch von Flötz oder tertiären Gebilden auch manchmal kleine Abzweigungen zwischen den etwas von einander gehobenen Schichten einzwängen, so geschieht es mit den Erzablagerungen in der Blätterform. Im Flötzkalkstein wie im Bleiberg bei Villach liefert uns das molybdänsaure Blei den Beweis für die Richtigkeit unserer gehörig abgegrenzten Sublimationstheorie.

Ob alle sogenannten erzführenden Alluvionen wirklich diesen Namen verdienen, und ob nicht einige Überbleibsel von zerstörten Erzlagern oder Gängen, sondern natürliche Ablagerungen von aus dem Inneren der Erde hervorgehobenen Erzen sind, das sind Zweifel, welche bis jetzt ziemlich allgemein als gehoben angesehen werden, obgleich man nicht immer die ersten Lagerstätten, sondern nur alluviale Erzgebilde auffinden kann.

Möglich wäre noch der besondere Fall, dass manchmal gewisse Erze sich nur in der ganz obersten Rinde der Erde absetzten, ohne bedeutende Spuren ihres Durchganges durch den übrigen Theil derselben zu lassen.

Blicke auf die Verbreitung der in Europa bisher entdeckten Zahnwale der Tertiärzeit in specieller Beziehung auf die des Wiener Beckens.

Von **J. F. Brandt,**

Mitgliede der k. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg.

Reste von Zahnwalen wurden in den tertiären Schichten verschiedener Länder Europas, namentlich Russlands, Österreichs, Deutschlands, Italiens, Frankreichs, Belgiens, Englands und der Schweiz mehr oder weniger häufig gefunden.

Italien lieferte bisher die vollständigsten Skeletreste, ziemlich vollständige entdeckte man auch in Österreich und Russland. Die bisher in Frankreich, Deutschland und England gefundenen Reste beschränken sich auf mehr vereinzelte, aus Schädelresten Wirbeln u. s. w. bestehende Theile des Knochengerüstes. In Belgien scheinen übrigens denselben Individuen angehörige Reste zahlreicher als in den drei letztgenannten Ländern zusammen vorgekommen zu sein. Portugal und die Schweiz lieferten dagegen nur einzelne, wenige Bruchstücke.

Die in Europa entdeckten Reste der Zahnwale wiesen unverkennbar darauf hin, dass zur Tertiärzeit nicht blos die noch lebende Hauptgruppe derselben, d. h. die mit gleich gebildeten Zähnen bewaffneten Arten (meine *Homoiodentes*) bereits in zahlreichen, wie es scheint wenigstens zum Theil (möglicherweise zum grossen) untergegangenen Formen vorhanden waren, sondern dass damals auch noch Cetaceen mit Zähnen von zweifacher Gestalt (meine Heterodonten = Zeuglodonten) existirten. Auch die Zahnwale liefern also einen Beweis, ebenso wie die Bartenwale, für die an Mannigfaltigkeit verkümmerte Fauna unseres Planeten. Bei den Zahnwalen tritt sogar die Verkümmerung durch das Aussterben der Heterodonten noch etwas stärker als

bei den Bartenwalen hervor, da die ausgestorbenen Bartenwale den lebenden wohl etwas näher standen als die Heterodonten-Zahnwale den Homoiodonten.

Von solchen Homoiodonten, die nur im Unterkiefer Zähne besitzen (meine Hypognathodonten), sind Reste aus ihren beiden Unterabtheilungen, den Physeterinen und Ziphiinen, bekannt. Die erstgenannte Gruppe hat bisher im Verhältniss nicht viele, mindestens theilweis noch zweifelhafte, Überbleibsel aufzuweisen. Um so zahlreicher wurden Schädelstücke und andere Skelettheile von Ziphiinen, besonders in England (Suffolk), sowie im Antwerpener Becken und, wiewohl viel weniger häufig, auch in Frankreich entdeckt. Dem bisherigen Stande unserer Kenntniss gemäss würde die Zahl der theils in England, theils im antwerpener Becken entdeckten Ziphiinen gegen 23 Arten betragen, die aber wohl namhafte Reductionen erleiden dürften, wenn die englischen und antwerpener Arten näher verglichen werden, was bisher nicht geschah.

Aus Österreich, Deutschland, Italien und der Schweiz kenne ich noch keine Reste von Ziphiinen. Ihr Vorkommen in Russland ist wenigstens zweifelhaft. Dessenungeachtet lässt sich nicht annehmen, die genannten Länder würden auch in Zukunft keine Reste von Ziphiinen liefern. In Betracht der Entdeckungen der Reste anderer Cetaceen dürfte man im Gegentheil auch in den genannten Ländern Überbleibsel von Ziphiinen, selbst muthmasslich von unbekannten Arten derselben, entdecken. Es wäre demnach zu erwarten, dass, wenn selbst künftig namhafte Reductionen hinsichtlich der aufgestellten Arten stattfänden, man dennoch vielleicht noch die Ansicht vertreten könnte: die an Cephalopoden reicheren Meere der Vorzeit seien auch reicher an Vertilgern derselben (Ziphiinen) gewesen, als die der Gegenwart.

Zahnwale, die in beiden Kiefern mit Zähnen bewaffnet sind, (Holodonten) waren in den Tertiärmeeren Europas, wie noch jetzt, in zahlreichen Arten verbreitet. Schon zu jener Zeit gehörten sie den drei noch vorhandenen Gruppen der *Orcinae, Phocaeninae* und *Delphininae* an. Vielleicht fehlte es auch an *Platanistinae* nicht, da manche ausgestorbenen *Delphininae* (wie die *Champsodelphis*) zu letztern hinzuneigen scheinen. Man hat in-

dessen keineswegs bis jetzt in allen Ländern Europas solche Reste entdeckt, welche auf die frühere gleichzeitige Gegenwart von Repräsentanten aus allen dreien der erstgenannten Gruppen hinweisen. Reste von *Orcinen* sind vorläufig nur in Deutschland und England, von *Phocaeninen* in Russland, Italien und England gefunden worden. Man kennt dagegen der Abtheilung *Delphininae* zugehörige sehr zahlreiche Reste aus Russland, Österreich, Frankreich und Belgien. Auch in Italien und in der Schweiz hat man solche gefunden. Bemerkenswerth ist indessen, dass ein namhafter Theil der gefundenen Skelettheile der *Delphininen* solchen Gattungen oder Untergattungen angehören, die unter den Lebenden bisher vermisst werden.

Dass im Wiener Becken Reste von *Delphininen* entdeckt wurden, ersehen wir bereits aus den Mittheilungen von Suess, Peters und Heckel. Sehr zahlreich sind dieselben in den Sammlungen des k. k. Hof-Mineraliencabinets und des Hrn. v. Letocha vertreten, deren Benützung mir auf die liberalste Weise gestattet wurde.

Die Untersuchung derselben ergab, dass sie sicher vier, vielleicht selbst sechs, Arten angehören, welche zwei von P. Gervais aufgestellten Gattungen *(Schizodelphis* und *Champsodelphis)* mit grösserer oder geringerer Sicherheit einzuverleiben sind. Beide eben genannte Gattungen enthalten Arten, die unter den lebenden Zahnwalen noch nicht nachgewiesen sind. Die Kenntniss des Skeletbaues der lebenden Arten lässt freilich, namentlich in Betreff des Rumpftheiles desselben, so manches wünschen, da man nur von wenigen Arten Skelete besitzt.

Zur Gattung *Schizodelphis* gehören, insoweit das Wiener Becken als Fundort in Betracht kommt, die im k. k. Hofmineraliencabinet befindlichen Kiefertheile des *Delphinus canaliculatus*, der mit Gervais's *Delphinus* (später *Schizodelphis*) *sulcatus*, wie es scheint identisch sein könnte. Auf H. v. Meyer's *D. canaliculatus* wären übrigens vielleicht auch die im genannten Cabinet befindlichen Reste des Rumpfskelets eines Delphin's zu beziehen, den ich fraglich als *Delphinus brachyspondylus* bezeichnet habe, da zur Begründung meiner Vermuthung der Nachweis fehlt, dass die eben erwähnten Reste gleichzeitig mit

den Kieferresten des *Delphinus canaliculatus* entdeckt worden seien.

Reste der Gattung *Schizodelphis* wurden übrigens nicht blos bei Wien, sondern auch in Würtemberg, in der Schweiz in Frankreich und Italien, ja wie es scheint auch in Belgien gefunden. Die Verbreitung der Gattung war daher keineswegs eine localisirte.

Zu den ebenfalls nicht localisirten Gattungen, da ihre Reste nicht blos in Österreich, sondern schon früher mehrmals in Frankreich und meinen Untersuchungen zufolge neuerdings auch in Russland gefunden wurden, gehört auch die auf Cuvier's Dauphin à longue symphyse (Rech. s. oss. foss. ed. 8. Pl. 224, Fig. 4, 5) gestützte Gattung *Champsodelphis*. Das Wiener Becken lieferte das ansehnliche Fragment des Unterkiefers nebst mehreren Wirbeln eines *Delphinine*, welche entschieden einem *Champsodelphis* angehörten. Die erwähnten, nach meiner Ansicht auf die Cuvier'sche Art nicht reducirbaren, Reste befinden sich in der Sammlung des Hrn. v. Letocha. Ich habe daher dieselben als einem *Champsodelphis Letochae* angehörige bezeichnet. Im k. k. Hof-Mineraliencabinet werden übrigens namhafte Reste der Wirbelsäule nebst zwei Brustbeinen und Knochen der Extremitäten aufbewahrt, die entschieden zwei Arten von *Delphininen* angehören, welche ich wegen der Ähnlichkeit ihres Wirbelbaues und Fundortes mit *Champsodelphis Letochae* als *Champsodelphis Fuchsii* und *Karreri* bezeichnet habe. Ausser den eben genannten Arten könnte aber noch eine vierte Art von *Champsodelphis* möglicherweise das Wiener Becken bewohnt haben, da ich im k. k. Hof-Mineraliencabinet zwei Lendenwirbel fand, die sich nicht wohl einer der genannten Arten vindiciren lassen und deshalb einem *Champsodelphis dubius?* zugeschrieben wurden.

Im Wiener Becken sind demnach die Reste von vier mit Sicherheit begründbaren Arten *(Schizodelphis canaliculatus, Champsodelphis Letochae, Fuchsii* und *Karreri)* und von zwei noch nicht gesicherten *(Delphinus brachyspondylus* und *Champsodelphis dubius?)* aus der Abtheilung der Delphininen entdeckt worden. Wegen Mangels von Kieferresten und Zähnen ist es indessen für jetzt zweifelhaft, ob *Champsodelphis Fuchsii, Karreri* und *dubius?* wirklich als echte Champsodelphen gelten können,

da sie auch hinsichtlich des Wirbelbaues sich der von mir auf südrussischen namhaften Skeletresten begründeten Gattung *(Heterodelphis)* anreihen lassen könnten.

Sämmtliche erwähnte wiener Reste wurden, ebenso wie die russischen, in meiner hinsichtlich des Druckes zum grössten Theil vollendeten Arbeit, „Über die fossilen und subfossilen Cetaceen Europas", ausführlich beschrieben und durch mehrere Tafeln erläutert.

Da Joh. Müller (Sitzungsb. d. k. k. Akad. d. Wissensch. z. Wien, math. nat. Cl. Bd. X, 1853, p. 84 und Bd. XV, 188 p. 345 m. Abh.) die bei Radoboj in Croatien gefundenen Reste einer Delphinine einer neuen Gattung *(Delphinopsis)* zuschrieb, so könnte man meinen es seien in Österreich, ausser den wiener Skelettheilen, auch noch andere von denselben sehr abweichende entdeckt worden. Eine solche Ansicht möchte ich jedoch noch nicht für begründet halten. Bei der Aufstellung seiner Gattung *Delphinopsis* legte J. Müller ein besonderes Gewicht auf die schuppige Hautbedeckung derselben. Schuppenbildung dürfte aber mit der Structur der Haut der Delphine nicht wohl vereinbar sein. Auch weist die Abbildung der *Delphinopsis* keineswegs überzeugend nach, dass die Schuppen die Knochenreste innig und in dichten Massen bedeckten. Was nun die stark verschobenen Knochenreste der *Delphinopsis* anlangt, so gehören sie entschieden einem jüngern Thierindividuum an und dürften sogar ohne Zwang auf die eine oder andere Art der erwähnten *Champsodelphen* des Wiener Beckens bezogen werden können. Die Reste von *Delphinopsis Freyeri* J. Müll. erfordern also jedenfalls eine neue, eingehende Untersuchung.

Namhafte Reste von solchen Zahnwalen, deren hintere zweiwurzlige Zähne eine breite, abgeplattete, am Rande gezähnelte Krone besitzen (Heterodonten = Zeuglodonten) entdeckte man, wie bekannt, mehrmals bei Linz, wie die von Ehrlich, Suess und Van Beneden darüber gemachten Mittheilungen bezeugen. Sie gehören bis jetzt sämmtlich einer Art *Squalodon*, dem *Sq. Ehrlichii* Van Bened., an, dessen artliche Selbstständigkeit ich in meiner Arbeit über die fossilen Cetaceen ausführlicher als bisher durch eine eingehende Beschreibung und bildliche Darstellung zu stützen bemüht war.

Im Allgemeinen lieferte demnach das Wiener Becken bisher die Reste solcher Zahnwale, die zwar generisch und specifisch von den bekannten Lebenden abweichen, jedoch zur Familie der Delphiniden gehörten, während in der Umgebung von Linz, wie bekannt, mehrmals Reste der zur gänzlich ausgestorbenen Abtheilung der Heterodonten gehörigen Gattung *Squalodon* entdeckt wurden.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

ERSTE ABTHEILUNG.

3.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Geologie und Paläontologie.

VII. SITZUNG VOM 6. MÄRZ 1873.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über den Syngenit", vom Herrn Oberbergrath und Professor Dr. V. Ritter v. Zepharovich in Prag.

„Beiträge zur Kenntniss des Wachsthums der Pflanzen", von Herrn Franz Krašan, Gymnasial-Professor in Krainburg, eingesendet durch Herrn Vice-Director K. Fritsch in Salzburg.

„Über rationale ebene Curven vierter Ordnung, deren Doppelpunktstangenten Inflexionstangenten sind", vom Herrn Prof. Dr. Emil Weyr in Prag.

Herr J. Richard Harkup, Realitätenbesitzer in Hütteldorf, überlegt ein versiegeltes Schreiben zur Wahrung seiner Priorität.

Herr Hofrath Dr. E. Ritter v. Brücke überreicht eine Abhandlung des Herrn Dr. Alex. Kusnezoff aus Charkow: „Über blutkörperchenhaltige Zellen der Milz".

Herr Prof. Dr. Jos. Boehm legt eine Abhandlung: „Über die Respiration von Landpflanzen" vor.

Herr Prof. R. Niemtschik übergibt eine Abhandlung: „Über die Construction der einander eingeschriebenen Linien zweiter Ordnung."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academy of Natural Sciences of Philadelphia: Proceedings. Parts I—III. January—December 1871. Philadelphia; 8°.

— American Journal of Conchology. Vol. 6, Part 4 (1870—1871); Vol. 7, Parts 1—4 (1871—72). Philadelphia, New York, London, Berlin; 8°.

— The American, of Arts and Sciences: Proceedings. Vol. VIII. Sign. 38—51. 8°.

Akademie, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. November 1872. Berlin, 1873: 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 5—7. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1921—1924. (Bd. 81, 1—4.) Altona, 1873; 4°.

Barrande, Joachim, Système silurien du centre de la Bohême. Ire Partie. Supplément au Vol. I. Prague & Paris, 1872; 4°.

Boston Society of Natural History: Memoirs. Vol. II, Part I, Nrs. 2—3; Vol. II, Part II, Nr. 1. Boston, 1871—1872; 4°. — Proceedings. Vol. XIII, Sign. 24—28; Vol. XIV, Sign. 1—14. Boston 1869—1871; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 5—6. Paris, 1873; 4°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 4. Wien, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 7—9. Wien, 1873; 4°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 4. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 3—4. Wien; 8°.

Lotos. XXII. Jahrgang. December 1872. Prag; 8°.

Mittheilungen des k. k. technischen und administrat. Militär-Comité. Jahrgang 1873, 1. Heft. Wien; 8°.

— aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 19. Band, 1873, Heft II. Gotha; 4°.

Nachrichten über Industrie, Handel und Verkehr aus dem statistischen Departement im k. k. Handels-Ministerium. I. Band, 1. & 2. Heft. Wien, 1873; 4°.

Nature. Nrs. 172—174, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI, Nr. 12. Torino, 1871; 4°.

Owen, On the Carpal copulatory Spines (or supposed Horn) of the Iguanodon. (From the Palaeontographical Society's Vol. XXV.) London, 1872; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 2—3. Wien; 4°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. von Ph. Carl. VIII. Band, 6. Heft. München, 1872; 8°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIe Année, 2e Série, Nrs. 33—35. Paris, 1873; 4°.

Santiago de Chile, Universidad: Anales de 1840. Santiago de Chile; 8°. — Memorias de los Ministros del Interior, Relaciones Esteriores, Justicia, Hacienda, Guerra i Marina de 1870. 8°. — Sesiones de la Cámera de Senadores de 1870. Nr. I—II. 4°. — Sesiones de la Cámera de Diputados de 1870. Nr. I—II. 4°.

Societät, physicalisch-medicinische, zu Erlangen: Sitzungsberichte. 4. Heft. November 1871 bis August 1872. Erlangen 1872; 8°.

Society, The Royal, of London: Philosophical Transactions. For the Year 1871. Vol. 161, Part II; For the Year 1872. Vol. 162, Part I. London 1872; 4°. — Proceedings. Vol. XX, Nrs. 130—138. London, 1871—72; 8°. — Catalogue of Scientific Papers (1800—1863). Vol. VI. London, 1872; 4°. — The Royal Society. 30th November 1871. 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 7—9. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 2. Heft. Wien, 1873; 4°.

Über den Syngenit.

Von dem c. M. **V. Ritter v. Zepharovich.**

(Mit 1 Tafel.)

Im Juni v. J. veröffentlichte ich in der Zeitschrift „Lotos“ eine vorläufige Notiz über den Syngenit, ein neues Mineral von Kalusz in Ostgalizien, welches Herr Dr. K. Vrba aus Eger's Mineralienhandlung in Wien für das mineralogische Museum der Prager Universität mitgebracht hatte. Auf zwei Steinsalz-Drusen[1] zeigten sich in reichlicher und gleichzeitiger Entwicklung mit den Würfeln des Chlornatriums, die auf den ersten Blick sehr an Gyps erinnernden, wasserhellen, lamellaren Aggregate des neuen Minerales. Härte und Spaltbarkeit unterschieden dasselbe alsbald vom Gyps, die Reactionen vor dem Löthrohre schienen für Polyhalit zu sprechen. Eine von O. Völker in Prag ausgeführte Analyse[2] ergab die Zusammensetzung des als Laboratoriums-Produkt bekannten Kalk-Kali-Sulfates, $CaK_2S_2O_8.H_2O$, einer dem Polyhalit nahe verwandten Substanz, welche sich von demselben durch den Abgang des Magnesia-Gehaltes unterscheidet. Diese Beziehung zum Polyhalit, sollte in dem Namen Syngenit (συγγενής, verwandt), den ich für die als Mineral neue Verbindung wählte, ihren Ausdruck finden.

Die damals noch nicht zum Abschluss gelangten Messungen erwiesen, dass die Krystalle des Syngenit in ihrer Form jenen

---

[1] Dieselben waren als Sylvin bezeichnet; wirklicher Sylvin wurde auch gleichzeitig acquirirt und veranlasste eine Verwechslung der Proben, die irrige Angabe in der vorläufigen Notiz über das Vorkommen des Syngenit mit Sylvin.

[2] Sitzber. d. Akad. d. Wiss. 66. Bd., 1872, 2. Abth. S. 197.

les Laboratorium-Productes, welche als rhombisch beschrieben urden, nahekommen, aber durch einen constanten monoklinen Habitus ausgezeichnet seien, so dass man sie ohne Prüfung im Polarisations-Apparate, in dem sie sofort als rhombisch erkannt werden, als entschieden monoklin erklären müsste. In der That zeigen die auf ihrer Tafelfläche liegenden Syngenit-Krystalle im Polarisations-Apparate zwei symmetrische Ringsysteme, ganz gleich jenen der rhombischen Substanzen, mit einer anscheinend auf der Tafelfläche normalen Bissectrix.

Eine vollständigere optische Untersuchung überzeugte mich aber in jüngster Zeit, dass die Syngenit-Krystalle, ungeachtet ihrer scheinbar rhombischen Ringsysteme, monoklin seien, wie es auch vollkommen ihrem morphologischen Charakter entspricht; auch hatte sich nach Abschluss meiner Messungen ergeben, dass eine Beziehung der Syngenit-Formen auf ein rechtwinkliges Axensystem, wie ich dies zuerst für möglich hielt unstatthaft sei. Ebenso erwiesen sich ferner die bisher, krystallographisch und optisch, als rhombisch beschriebenen, künstlich dargestellten Krystalle des Kalk-Kali-Sulfates durch Brezina's frische Beobachtung und meine Messungen als monoklin und übereinstimmend mit den Syngenit-Krystallen.

Der Publication meiner vorläufigen Notiz über den Syngenit sind, im Laufe des vorigen Halbjahres, eine Abhandlung von Rumpf über den „Kaluszit", ein neues Mineral von Kalusz[1]. Die Formen desselben wurden als monoklin erkannt, die Substanz stellt sich nach Ullik's Analyse als ident mit dem Kalk-Kali-Sulfate der Laboratorien, und demnach auch mit dem Syngenit.

Da aber für die Laboratoriums-Krystalle das rhombische System angegeben war, nahm Rumpf einen Dimorphismus der genannten Verbindung an, womit auch die vorliegenden stark differirenden Angaben über das Eigengewicht des Kaluszit und des Syngenit im Einklang zu stehen schienen. Tschermak meinte aber[2], dass die Krystalle von Rumpf's Kaluszit — gleich

[1] Miner. Mittheil. ges. v. Tschermak, 1872, S. 117.

[2] Miner. Mitth. 1872, S. 197.

jenen des Syngenit — in ihren Winkeln mit den Krystallen des künstlich dargestellten Kalk-Kali-Sulfates nahe übereinstimmen, dass sich dieselben im Polarisations-Apparate in gleicher Weise wie rhombische Substanzen verhalten, und dass demnach der Kaluszit mit dem bereits früher von mir Syngenit genannten Minerale ident sei. Auf die vorerwähnte Differenz in den Angaben des Eigengewichtes wurde hiebei nicht eingegangen. Eine wiederholte Gewichts-Bestimmung des Syngenit zeigte aber, dass die in meiner ersten Notiz [1] mitgetheilte Zahl auf einem Rechnungsfehler beruhe [2]; aus drei in ihren Resultaten fast übereinstimmenden Versuchen ergab sich schliesslich $G = 2{\cdot}60$ und dürfte demnach die abweichende Angabe Rumpf's ($G = 2{\cdot}25$), gleich meiner ersten, auch auf einem Fehler beruhen.

Nach Rumpf's ausführlichen Mittheilungen über das neue Mineral von Kalusz müsste ich wohl auf die Darlegung meiner Beobachtungen verzichten, würden sie sich nicht auf ein weit reichhaltigeres und vorzüglicheres Materiale, als es Rumpf nach seiner eigenen Angabe vorgelegen, beziehen. Wenn ich demnach in krystallographischer und optischer Beziehung einige nicht unwesentliche Beiträge zur Charakteristik des Syngenites zu liefern vermag, möchte ich, um Wiederholungen zu vermeiden, bezüglich der Art des Vorkommens auf Rumpf's Abhandlung, welche die Schilderung typischer Syngenit-Steinsalz-Exemplare enthält, verweisen. —

Zur Ermittlung der krystallographischen Elemente des Syngenit dienten achtzehn, grösstentheils ausgezeichnete Krystalle, deren Hauptflächen in den meisten Fällen deutliche Reflexe des Fadenkreuzes gaben. Es sind stets, nach der Hauptaxe langgestreckte, schmale Täfelchen, mit vorwaltendem Orthopinakoide, im Allgemeinen mit rectangulären oder lanzettförmigen Umrissen. Einer der schönsten Krystalle ist 14 Mm. hoch, 2 Mm. breit und $^1/_2$ Mm. dick; die Dimensionen sinken einerseits bis zu jenen feiner Nadeln herab und erreichen andererseits 5 Mm. Breite und 1 Mm. Dicke, bei 10 Mm. Höhe. Derartige vo

[1] Lotos, Juni 1872, S. 137.
[2] Lotos, November 1872, S. 213.

kommene, wasserklare Individuen finden sich stehend und gewöhnlich einzeln aufgewachsen in den Zwischenräumen der lamellaren, in's gerad-schalige übergehenden Syngenit-Aggregate, welche in ansehnlichen Massen in Steinsalz-Drusen derart auftreten, dass die Bildung der beiden Minerale als eine gleichzeitige erkannt wird. In einer fragmentaren Partie eines solchen Aggregates sind die einzelnen tafeligen Individuen 10 Cm. hoch und 5 Cm. breit; ihre Tafelflächen, wie auch jene der grösseren Krystalle, sind stets mehr weniger stark vertical gefurcht, während auf den übrigen zahlreichen Flächen der Prismenzone die Furchung zurücktritt oder auch gänzlich fehlt. Die flächenreichen Enden der Krystalle sind glatt, falls sie nicht erodirenden Einflüssen ausgesetzt waren.

Für die Deutung der Syngenit-Formen folge ich der von Rumpf gewählten Aufstellung, bei welcher das Spaltprisma mit 110 bezeichnet ist, — sie gewährt auch den Vortheil, die Winkelanalogien mit den Gypsflächen in ihrer geläufigsten Bezeichnung unmittelbar hervortreten zu lassen.

Die folgenden einundzwanzig Formen, deren Flächenpole in die stereographische Projection Fig. 1 eingetragen sind, wurden von mir beobachtet.

a(100) .	b(010) .	c(001) .	(810) .	(610) .	(410) .	p_3(310) .
$\infty P\infty$	$\infty P\infty$	oP	$\infty P8$	$\infty P6$	$\infty P4$	$\infty P3$
p_2(210) .	(650) .	p(110) .	(120) .	r(101) .	ρ(203) .	$r^1(\bar{1}01)$.
$\infty P2$	$\infty P^6/_5$	∞P	$\infty P2$	$-P\infty$	$-^2/_3P\infty$	$P\infty$
$r^2(\bar{3}01)$.	q(011) .	o(111) .	i(411) .	$o^1(\bar{1}11)$.	$o^2(\bar{2}21)$.	$e^1(\bar{2}11)$
$-P\infty$	$\breve{P}\infty$	$-P$	$-4P4$	P	$2P$	$2\breve{P}2$

Die Prismen 810, 610, 410, 650, das Hemidoma 203 und die Hemipyramiden 411, 111 und $\bar{2}11$, welche in Rumpf's Angaben nicht vorkommen, sind sämmtlich untergeordnete und seltener auftretende Formen, deren äusserst schmale, stark glänzende Flächen nur auf ihren grössten Reflex, mittelst der dem Beobachtungs-Fernrohre vorgeschobenen Lupe eingestellt werden konnten. Die demnach unsicheren Messungen sind in der Winkeltabelle mit a und sa bezeichnet.

Aus den relativ am sichersten bestimmten Neigungen:

310 : 100 = 23°53′50″ [1]	33 [2]	23°50′	— 23°58′
001 : 100 = 76° 0 0	7	75°52	— 76° 6
011 : 100 = 79 22 0	11	79°21	— 79°25

ergeben sich als Elemente der Krystallreihe des Syngenit

$$a : b : c = 1{\cdot}3699 : 1 : 0{\cdot}8738$$
$$ac = 76°0',$$

wenn a die Klinodiagonale und c die Hauptaxe bedeutet — und die Kantenwinkel in der folgenden Tabelle [3].

	Berechnet	Gemessen			
		Mittel [1]	Z. [2]	Grenzwerthe	Rumpf
100 : 010	90° 0′ 0″	90° 0′	8	89°58½′—90° 1′	—
810	9 26 2	9 22	1	—	—
610	12 29 30	12 34	1	—	—
410	18 22 56	18 20½	6	18 14 —18 26	—
310	—	23 53½	33	23 50 —23 58	23° 58½′
310 : 010	66 6 10	66 7	3	66 5 —66 8½	—
210	33 36 32	33 33½	9	33 30 —33 38	33 47½
210 : 010	56 23 28	56 25½	3	56 22 —56 27	—
310	9 42 42	9 37	8	9 23 — 9 44	9 36½
100 : 110	53 2 44	53 2	8	52 57 —53 9	*53 16
110 : 010	36 57 16	36 58½	4	36 57 —37 0	—
210	19 26 12	19 27	3	19 26 —19 28	19 30½
310	29 8 54	29 8½	3	29 7 —29 12	29 14½
100 : 120	69 23 9	69 23	4	69 20 —69 27	69 24
120 : 010	20 36 51	20 39	3	20 37 —20 40	20 31½
110	16 20 25	16 20	2	16 19 —16 21	—
001 : 010	90 0 0	90 0	2	89 58½ —90 1½	—
100	—	76 0	7	75 52 —76 6	*76 9
110	81 38 14	81 40	1	—	—
101 : 001	28 10 57	28 11	5 *sa*	27 46 —28 43	27 49
100	47 48 3	47 45½	7	47 43½ —47 48	48 12
110	66 10 58	66 10	1	—	—
$\bar{2}03 : 101$	7 40 14	8 34	1 *sa*	—	—
$\bar{1}01 : 001$	36 11 54	36 19½	3	36 15 —36 26	*35 40
$\bar{1}00$	67 48 6	67 43	5	67 42 —67 43	*68 11

[1] Arithmet. Mittel der mit gleichem Gewichte angesetzten Messungen.

[2] Zahl der gemessenen Kanten.

[3] Rumpf, dessen Messungen sich nur auf 6 Krystalle erstreckten, fand $a : b : c = 1{\cdot}3801 : 1 : 0{\cdot}8667$: $ac = 76°9'$ aus den in der Tabelle mit * bezeichneten 4 Grundwerthen.

	Berechnet	Gemessen			
		Mittel	Z.	Grenzwerthe	Rumpf
$\bar{2}01 : \bar{1}00$	43° 11' 7'	42° 9'	1 *sa*	—	—
$\bar{1}01$	24 36 59	24 37	1 „	—	—
011 : 001	40 17 37	40 18½	7	40 16 —40 21	40 6½
010	49 42 23	49 42½	5	49 42 —49 43½	49 44
100	—	79 22	11	79 21 —79 25	79 23½
$0\bar{1}1$	80 35 14	80 40½	1	—	—
$\bar{3}10$	64 29 21	64 30½	2	64 30 —64 31	—
$\bar{3}10$	84 38 53	84 38½	2	84 33 —84 44	—
$\bar{2}10$	78 12 44	78 14	1	—	—
$\bar{1}10$	65 53 9	66 1	1	—	—
101	47 45 14	47 46½	3	47 45 —47 48	—
111 : 100	55 40 33	54 33	1 *sa*	—	—
010	57 5 0	—	—	—	—
001	42 16 26	—	—	—	—
411 : 100	24 45 48	26 —	1 *sa*	—	—
010	74 0 4	—	—	—	—
001	58 16 59	—	—	—	—
$\bar{1}11 : \bar{1}00$	72 55 9	72 53½	7 *a*	72 49 —72 56	73 8½
010	51 1 30	51 13	1 „	—	—
001	51 8 39	51 17	1 „	—	—
$\bar{1}01$	38 58 30	38 58	1 „	—	38 57
011	27 42 51	27 56	3 *sa*	27 8 —28 51	27 25½
$\bar{2}21 : \bar{1}00$	62 6 53	62 3½	8	62 0 —62 5½	—
010	39 53 57	39 56½	3	39 56 —39 58	—
001	71 46 22	71 46½	1	—	—
$\bar{1}10$	26 35 24	26 33	1	—	—
$\bar{2}10$	35 29 41	35 27	1	—	—
011	42 43 3	42 48½	3	42 46 —42 53	—
$\bar{1}11$	20 37 43	—	—	—	20 30
$\bar{2}11 : \bar{1}00$	51 15 37	51 19	3	50 52 —51 35	—
010	59 7 12	—	—	—	—
001	65 15 34	—	—	—	—
$\bar{2}01$	30 52 48	30 22	1 *sa*	—	—
$\bar{1}11$	21 39 32	22 7	1 „	—	—
221	19 13 15	19 39	1 „	—	—

Die Tabelle enthält einige Winkel, die ihrer annähernden Übereinstimmung wegen bemerkenswerth sind:

$$r(101) : q\begin{Bmatrix}(011)\\(0\bar{1}1)\end{Bmatrix} = 47°45'\tfrac{1}{4}\Big\} r(101) : a(100) = 47°48'$$

$$p_3(310) : (3\bar{1}0) = 47°47'\tfrac{2}{3}\Big\}$$

$p_1(\bar{2}10) : (\bar{2}\bar{1}0) = 67°13$ — $r^1(\bar{1}01) : a^1(\bar{1}00) = 67°48'$

$p(\bar{1}10) : (\bar{1}\bar{1}0) = 106\ 5'\tfrac{1}{2}$ — $c(001) : a^1(\bar{1}00) = 104\ 0°.$

Die Haupttypen der Combinationen sind auf Taf. I, Fig. 2—5, nach Vrba's Zeichnungen dargestellt, in welchen, der Deut-

lichkeit des Bildes wegen, der spitze Axenwinkel *ac* vorne und oben erscheint. Fig. 2 ist nach dem formenreichsten der mir vorliegenden Krystalle, ausgezeichnet durch seine symmetrische Entwicklung, entworfen, und ist die Zeichnung im Vergleich zur wirklichen Ausdehnung der Flächen nur wenig idealisirt. Ausser den sämmtlichen Flächen der Fig. 2, von denen $r^2(\bar{2}01)$, dann $o^1(\bar{1}11)$ und $e^1(\bar{2}11)$ sehr schmale Abstumpfungen der Kanten r^1a^1 und qa^1 bilden, treten an diesem Krystalle in der Vertical-Zone, ebenfalls mit sehr geringer Breite, noch die Prismen 120 und 650[1] an den Kanten bp und pp_2 auf. 650 wurde nur noch an einem zweiten Krystalle beobachtet. Die Combination der Fig. 3 ist eine der am häufigsten vorkommenden. Fig. 4 und 5 stellen zwei seltenere Fälle dar, in denen als schiefe Endflächen $\bar{1}01$ oder 101 auftreten. Fig. 5 repräsentirt auch den nicht seltenen, lanzettförmigen Habitus der Krystalle.

Erwähnenswerth ist die oftmalige Unvollzähligkeit der Flächen in der Zone 100·010, die eine differente Gestaltung nach rechts und links bewirkt und besonders auffallend wird, wenn sich gleichzeitig auch eine Unvollzähligkeit in der Zone 001·010 einstellt. Derart sind manche Täfelchen unsymmetrisch zugespitzt durch das nur einseitig auftretende Klinodoma 011; das Klinopinakoid ist gewöhnlich nur rechts oder links vorhanden.

In der Vertical-Zone ist an kleinen Krystallen das niemals fehlende und unter den Prismen meist am breitesten entwickelte $p_3(310)$ fast stets mit einer schwachen verticalen Riefung versehen; sehr zart erscheint eine solche ausnahmsweise auch auf $p_2(210)$; die übrigen Prismen und die beiden Pinakoide hingegen sind glatt. Zwischen den Prismen mit naheliegenden Indices fehlen nicht selten scharfe Kanten. An den grösseren Krystallen und den lamellaren Aggregaten ist das Orthopinakoid immer vertical stark gefurcht. Unter den Flächen an den oberen Enden wurde an allen Krystallen $q(011)$ beobachtet und nur selten $o^2(\bar{2}21)$ vermisst; die letzteren zeigten in einigen Fällen eine schwache Convexität, gleich den anderen Hemipyramiden, die nur an wenigen Krystallen und in äusserst geringer Breite nachgewiesen werden konnten. —

[1] 650 : 100 = 47° 55½ (ber.); eine sehr unsichere Messung ergab = 47° 21′.

Die Krystalle sind vollkommen spaltbar nach 100 und nach 110. — Es wurde bereits erwähnt, dass die nach 100 tafeligen Krystalle, auf 100 liegend, im Polarisations-Apparate die beiden Axenbilder zeigen, welche in symmetrischer Gestaltung und Farbenvertheilung ganz jenen rhombischer Substanzen gleichen. Es hat diese Erscheinung bei der ersten Bestimmung des Krystall-Systemes mich, so wie Andere, welche dieses Mineral untersuchten, irre geführt.

Der Nachweis, dass sich der Syngenit auch optisch wie monokline Körper verhalte, ist sehr einfach. Besitzt das Polarisations-Instrument unterhalb des Analyseurs ein centrirtes Fadenkreuz, so fällt der die beiden Ringsysteme durchziehende dunkle Balken bei keiner Lage des Krystalles in den Mittelpunkt des Fadenkreuzes; er erscheint etwas seitlich oder oberhalb desselben und in einer diametralen Lage, wenn der Krystall um die Normale des Orthopinakoides um 180° gedreht wurde. Es kann demnach die Bissectrix nicht mit der Normale auf 100 coincidiren.

Legt man zwei Krystalle, einen gegen den andern um 180° in obiger Weise gedreht, mit ihren 100-Flächen übereinander, so zeigt sich eine Combinationsfigur aus den Ringsystemen der beiden einzelnen Individuen. Die gleichen combinirten Ringsysteme sieht man in den natürlichen Zwillingen des künstlich dargestellten Kalk-Kali-Sulfates; ich verdanke ein derartiges Präparat Herrn A. Brezina, der auf Grund der erwähnten Erscheinung zuerst erkannt hatte, dass diese Krystalle dem monoklinen Systeme angehören [1].

Die Ebene der optischen Axen ist parallel der Orthodiagonale [2].

Um die Lage der Elasticitätsaxen zu bestimmen, wurde aus einer hohen Syngenit-Tafel eine Platte parallel der Symmetrie-

---

[1] Brezina berichtete mir hierüber, nachdem ich ihm die Resultate meiner optischen Untersuchungen des Syngenit mitgetheilt hatte. Es ist daher unrichtig, wenn in den Miner. Mittheil. 1873, S. 47, erwähnt wird, dass mir die obige Thatsache früher bekannt war. Nur die ganz allgemein gehaltene briefliche Bemerkung Brezina's, dass er „aus optischen Gründen" schliesse, der Syngenit sei monoklin, lag mir früher vor.

[2] Rumpf gibt irrthümlich an, dass die Ebene der optischen Axen parallel dem klinodiagonalen Hauptschnitte liege.

ebene geschnitten, dieselbe quer getheilt, und die beiden Hälften um 180° gedreht, mit 100 aneinander gefügt. Ein solcher künstlicher Zwilling zeigt sehr deutlich, dass die optischen Elasticitätsaxen in den beiden Hälften nicht parallel sind. Der Winkel, den dieselben an der Zwillingsebene einschliessen, wurde bei 75maliger Vergrösserung in einem Mikroskope mit Polarisations-Vorrichtung, dessen Ocular mit einem Systeme von parallelen Linien und einem Goniometer versehen ist, gemessen. Die Einstellung auf das Maximum der Dunkelheit war für weisses und gelbes Licht eine ziemlich präcise. Durch achtmalige Repetition wurde der obige Winkel für Weiss = 5°42′ (5°35′—5°50′), für Gelb = 5°32′ (5°20′—5°40′) gefunden; für Roth u. s. w. ist der gleiche Winkel anzunehmen, da bei dem Abgange einer „horizontalen Dispersion" in den Ringsystemen, eine Dispersion der Mittellinien nicht stattfindet[1]. Die Dispersion der Axen hingegen ist beträchtlich, $\rho < \upsilon$. Die Substanz ist optisch-negativ. Das Schema der Elasticitäts-(Hauptschwingungs-)Axen ist[2]

$$(001)\ c\underline{a} = 73°14',$$

da die erste (—) Mittellinie — welche im stumpfen Winkel der Axen *ac* liegt — mit der Normale auf 100 einen Winkel von 2°46′ einschliesst und 001 : 100 = 76°0′.

Der scheinbare Winkel der optischen Axen in Luft beträgt für

	v. Lang[3].		Tschermak[4].		Vrba[5].
Roth.....	40°—	—	41°36	—	41°35
Blau.....	46°30	—	49°45	—	46°22

[1] In dieser Beziehung verhält sich ähnlich das schwefelsaure Amarin (Groth, Pogg. An. 135, S. 656). Goniometrisch schien dasselbe rhombisch zu sein, da aber die (+) Mittellinie mit der Normale auf 100 einen Winkel von 10° einschliesst, wurde es im Polarisations-Apparate alsbald als monoklin erkannt, während der Syngenit, bei welchem derselbe Winkel nur 2°51′ beträgt, irre führen konnte.

[2] Murmann und Rotter, Orientirung der Schwingungsaxen des Lichtes in monokl. Kr. Sitzber. d. k. Ak. d. Wiss. 34. Bd., 1859, S. 135.

[3] Privat-Mittheilung.

[4] Miner. Mittheil. 1872, 198. Blau: Lösung von Kupferoxydammon.

[5] Lotos, 1872, S. 212. Rothes und blaues Glas.

Den Brechungs-Exponenten fand Vrba — dem ich für die Ausführung der sämmtlichen optischen Bestimmungen zu besonderem Danke verpflichtet bin, — annähernd 1·55 und demnach den wirklichen Winkel der optischen Axen für

Roth . . . . . 26°31′
Blau . . . . . 29°24′.

Das Eigengewicht des Syngenit ist im Mittel dreier Bestimmungen im Piknometer mittelst Benzol: 2·603, bei 17½°C. Die Ergebnisse der einzelnen von Vrba mit grösster Sorgfalt ausgeführten Wägungen, welche mit *a)* 0·903, *b)* 2·288 und *c)* 2·171 Grm. vorgenommen wurden, sind *a)* 2·6021, *b)* 2·6226 und *c)* 2·5856. Das Eigengewicht des angewendeten Benzols ergab sich *a)* 0·8898, *b)* 0·8883, *c)* 0·8876[1]. — Die Härte ist 2·5. —

Über die chemische Constitution des Syngenit liegen die Untersuchungen von F. Ullik[2] in Graz und von O. Völker[3] in Prag, vor. Die Resultate der Analysen sind die folgenden:

	1.	2.	3.	4.	5.
CaO	17·14	17·09	16·67	16·62	16·97
K_2O	28·57	28·53	28·40	28·72	28·03
SO_3	—	48·63	48·33	48·35	49·04
H_2O	5·50	5·46	5.46	5·45	5·85

Ullik (Nr. 1—4) hat in den Proben 3 und 4 auch Chlornatrium (in 3 betrug die Menge desselben 1·42 Prc.) und Völker (Nr. 5) 0·46 Magnesia nachgewiesen.

Die analysirte Substanz ist demnach $CaSO_4 . K_2SO_4 . H_2O$ oder $CaK_2S_2O_8 . H_2O$, deren Zusammensetzung erfordert:

CaO	56	17·06
K_2O	94·2	28·70
$2SO_3$	160	48·75
H_2O	18	5·48.

[1] Bei zwei anderen Versuchen ergab sich das Eigengewicht 2·556 (Benzol, und 2·524 (Alkohol); da sich dieselben auf eine geringere Substanzmenge beziehen und weniger verlässlich schienen, wurden sie nicht berücksichtigt. Nach Rumpf wäre das Eigengew. bei 17½ C. = 2·25.

[2] Miner. Mittheil. 1872, S. 120.

[3] Sitzber. d. Ak. d. Wiss. 66. Bd. 1872, 2. Abth. S. 197.

Das Verhalten in höherer Temperatur fand ich im Wesentlichen übereinstimmend mit den Angaben Rumpf's. In der Flamme des Bunsen'schen Brenners wird die Probe trübe, färbt die Flamme violett und schmilzt leicht zu einer wasserklaren, nach dem Erkalten weissen, wenig glänzenden Perle, mit krystallinisch-feinkörniger Textur. Im Kölbchen erfolgt heftiges Decrepitiren, Abgabe von Wasser und nach längerem Glühen Schmelzung, ebenfalls zu einer milchweissen Masse.

Von Wasser wird das Mineral leicht angegriffen. Die polirte 100-Fläche eines Krystalles zeigte schon nach 2maligem Überstreichen mit einem in Wasser getauchten Pinsel unter dem Mikroskope zarte Verticalfurchen, die sich nach wiederholtem Überstreichen zu rectangulären, treppig abfallenden Vertiefungen, sämmtlich der Länge nach, parallel der Prismenkante gerichtet, gestalteten; endlich stellte sich im Grunde der Vertiefungen eine mit 100 parallele Fläche ein. Die gleichen Erosionswirkungen liessen sich auf den natürlichen 100-Flächen der mir vorliegenden Krystalle nur spärlich und schwach erkennen.

Wird eine fein gepulverte Probe mit destillirtem Wasser übergossen, umgeschüttelt und rasch filtrirt, so enthält das Filtrat bereits eine ansehnliche Menge der Substanz in Lösung. Die klare Flüssigkeit wird beim Erwärmen trübe von abgeschiedenem Gyps. Nach Ullik ist das Mineral in Wasser theilweise löslich, unter Zurücklassung von Calciumsulfat; Vrba fand, dass beiläufig 400 Theile Wasser erforderlich sind, um 1 Theil Syngenit zu lösen; die Löslichkeit entspricht somit jener des Gypses.

Wie ich bereits in meiner vorläufigen Lotos-Notiz erwähnt, sind die Syngenit-Krystalle nahezu übereinstimmend mit jenen des gleich zusammengesetzten Laboratorium-Productes. Tschermak bemerkte ebenfalls, dass die von Rumpf untersuchten Krystalle in ihrer Form nahekommen den künstlich dargestellten Krystallen des Kalk-Kali-Sulfates, welche von Lang gemessen wurden und gab die Vergleichung der von den Beiden gewählten Bezeichnungen.

Lang	Rumpf
100	= a
001	= b
101	= p
110	= r

Vergleicht man aber nach diesem Schema die Messungen von Lang und von Miller[1] mit den Syngenit-Winkeln:

		Miller	Lang
(a)	(110) : ($\bar{1}$10)	— 87° 4	86°34
(b)	(110) : (100)	— 46·28	46·43
(c)	(140) : (100)	— 76·38	—
(d)	(101) : ($\bar{1}$01)	— 74· 4	74·20
		Rumpf	**Zepharovich.**
(a)		—	—
(b)	(101) : (100)	— 48°12	47°46
(c)	(001) : (100)	— 76· 9	76·—
(d)	($\bar{1}$10) : (110)	— 73·28	73·54½

so findet man für (a) keine analogen Winkel am Syngenit, und für (b) eine ansehnliche Differenz in den Angaben. Zur Aufklärung dieses Umstandes, sowie zum Nachweis, dass die künstlich dargestellten Krystalle, wie dies aus der früher erwähnten Erscheinung im Polarisations-Apparate folgt, monoklin seien, war eine wiederholte Prüfung der von Lang gemessenen Krystalle sehr wünschenswerth. Mit grösster Bereitwilligkeit überliess mir mein hochgeehrter Freund das Materiale, welches ihm zur Untersuchung diente. Es sind sechs Krystalle mit ungünstiger Flächenbeschaffenheit, zumeist Fragmente von unbekanntem Ursprunge, welche v. Lang in London erworben hatte. Einen andern Krystall verdanke ich Herrn Hüttenmeister F. Ulrich in Oker, welcher denselben, unter der Bezeichnung *Potasso Gypsite* von J. A. Phillips erhalten hatte[2].

[1] Rammelsberg, kryst. Chemie, 1855, S. 235.

[2] Nach der freundlichen Mittheilung Ulrich's, welcher gleichfalls die früher erwähnte Bissectrix-Platte an Brezina gesandt hatte, stammt dieser Krystall aus London und wohl aus derselben Quelle, welche die von Lang gemessenen Krystalle lieferte.

Von diesen sieben Krystallen erwiesen sich fünf im Polarisations-Apparate sofort als Zwillinge, welche das Ansehen rhombischer Combinationen, seitlich zugeschärfter Tafeln, besitzen, da sie, einen Fall ausgenommen, an der Stelle der einspringenden Zwillingskanten abgebrochen sind. An drei Tafeln war die Zwillingsbildung auch äusserlich nachzuweisen. Die Hauptform wird durch 100, 110, 101 bedingt; untergeordnet erscheinen 610, 310, 210, 650, $\bar{1}01$ und 001. Zwillingsebene ist 100. Die Flächen der Verticalzone, insbesondere 100, sind stark vertical gefurcht.

Die Ergebnisse sehr ungenauer Messungen sind die folgenden:

	Mittel	Z	Grenzwerthe	Syngenit
$a(100) : r(101)$	$= 47°42^1/_3$	(6)	47°34—47°55	47°46′
$a(100) : p(110)$	$= 52\ 55^1/_2$	(9)	52·44—53· 2	53· 2

An dem Ulrich'schen Krystall gaben die beiden an der Zwillingsgrenze eine ausspringende Kante bildenden r-Flächen, je zwei Fadenkreuze und daher die beiden Werthe:

$$\left.\begin{matrix} ar \\ (ar) \end{matrix}\right\} = 47°35^1/_2 \text{ und } 46°46′$$

im Mittel. Aus dem letzteren ergibt sich die Zwillingskante

$$r(r) = 86°28′,$$

welche Zahlen mit den Lang'schen Angaben

$$(110) : (100) = 46°\,43 \text{ und } (110) : (\bar{1}10) = 86°34′$$

gut übereinstimmen. Aus dem Obigen ap, folgt $pp = 74°9$; Lang fand $(101) : (\bar{1}01) = 74°20$, Miller: 74°4′.

Es sind somit die künstlich dargestellten und die natürlichen Krystalle des Kalk-Kali-Sulfates ident; an den ersteren herrschen Zwillinge, von welchen ich nur an den lamellaren Syngenit-Aggregaten von Kalusz im Polarisations-Apparate Anzeichen fand.

Von Interesse sind die Analogien der Formen des Syngenit mit jenen verwandter Substanzen.

Es liegt nahe, in dieser Beziehung zunächst den Gyps zu vergleichen; derselbe bietet in seiner gleichfalls reich entwickelten Prismenzone eine auffallende Übereinstimmung mit dem Syngenit, bei diesem herrscht aber 100, beim Gyps 010.

Gyps[1]		Syngenit	
$a(100) : r(140)$	$69°52\frac{1}{2}'$	$a(100) : (120)$	$69°23'$
$h(120)$	$53\ 48$	$p(110)$	$53\ 2\frac{3}{4}$
$m(110)$	$34\ 19$	$p_2(210)$	$33\ 36\frac{1}{2}$
$\psi(320)^2$	$24\ 25$	$p_3(310)$	$23\ 53\frac{3}{4}$
$i_2(210)$	$18\ 48$	(410)	$18\ 23$
$z(310)^2$	$12\ 47$	(610)	$12\ 29\frac{1}{2}$
$a(100) : c(001)$	$80\ 32$	$a(100) : c(001)$	$76\ 0$
$d(101)$	$52\ 16$	$\rho(203)$	$55\ 28\frac{1}{4}$
$a(\bar{1}00) : t(\bar{1}01)$	$66\ 14$	$a'(\bar{1}00) : r'(\bar{1}01)$	$67\ 48$

Von den Gyps-Hemipyramiden ist nur eine annähernd entsprechende am Syngenit vertreten.

$x(\bar{1}21) : a'(\bar{1}00)$	$71°16$	$o'(\bar{1}11) : a'(\bar{1}00)$	$72°55'$
$b(010)$	$52\ 50$	$b(010)$	$51\ 1\frac{1}{2}$
$c(001)$	$48\ 12$	$c(001)$	$51\ 8\frac{1}{2}$

Nimmt man x als $(\bar{1}11)$, so ergibt sich das Axenverhältniss:

Gyps..... $a:b:c = 1{\cdot}3833 : 1 : 0{\cdot}8233$, $ac = 80°32'$
Syngenit... $a:b:c = 1{\cdot}3699 : 1 : 0{\cdot}8738$, $ac = 76°\ 0$

Eine morphologische Ähnlichkeit findet auch statt zwischen dem Syngenit und den Salzen der isomorphen Gruppe

$$\overset{\text{II}}{R}\overset{\text{I}}{R}_2S_2O_8 . 6H_2O,$$

deren Krystallaxen in Bezug auf abc des Syngenit beiläufig sind:

$\frac{a}{2}\ b\ \frac{c}{2}$, mit $ac = 73°39'$ im Mittel[3].

---

[1] S. Miller's Mineralogy.
[2] Brezina, s. Miner. Mitth., 1872, S. 19.
[3] S. Sitzber. d. Akad. d. Wiss. 34. Bd. 1859, S. 192.

Beispielsweise führen wir hier an:

$MgK_2S_2O_8.6H_2O$		Syngenit	
$100:110$	$= 35°39'$	$100:210$	$= 33°36\frac{1}{2}'$
$100:001$	$= 75\ 5$	$100:001$	$= 76\ 0$
$\bar{1}00:\bar{2}01$	$= 41\ 32$	$\bar{1}00:\bar{2}01$	$= 43\ 11.$

In optischer Beziehung verhalten sich aber Gyps und die zuletzt genannten Salze, mit dem Syngenit verglichen, different.

Fig. 2.

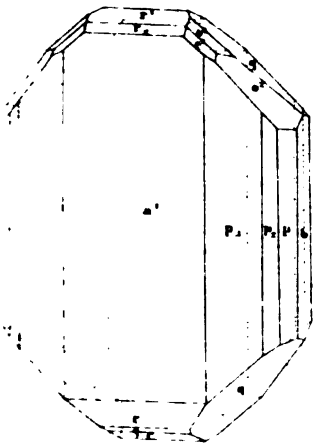


Fig. 3.

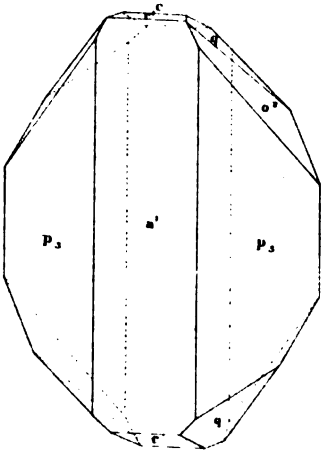


Fig. 1

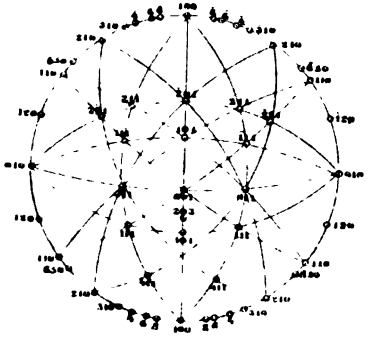


Fig. 4

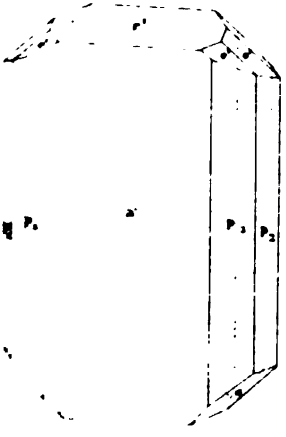
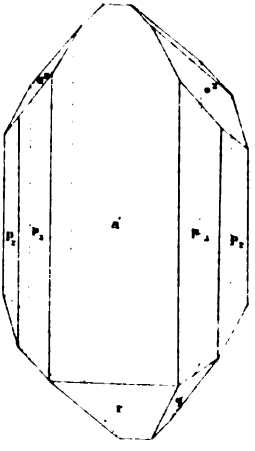


Fig. 5.



Beiträge zur Kenntniss des Wachsthums der Pflanzen.

Von **Franz Krašan.**

Bereits vor drei Jahren hatte ich die Untersuchung, in welcher Art die allgemeinen Lebenserscheinungen der Pflanzen in ihrer Dauer und zeitlichen Folge von den Factoren: Wärme, Licht und Stoff abhängen, als die wesentliche Aufgabe der theoretischen Pflanzen-Phänologie bezeichnet. Damals suchte ich durch möglichst zahlreiche Beobachtungen der Gewächse im Freien mit Hilfe der damaligen Kenntniss der Lebensvorgänge und ihrer Bedingungen einen Stützpunkt für weitere und genauere Untersuchungen zu gewinnen.

Wenn ich nun, nachdem ich mich in diesem so schwierigen Gebiete einigermassen orientirt zu haben glaube, im Folgenden die Resultate jener Beobachtungen und Experimente darlege, die ich im Sinne der in den „Studien" (Verhandl. der k. k. zool.-botan. Gesellsch. in Wien, 1870) gegebenen Andeutungen grösstentheils von 1869 bis März 1873 ausgeführt habe, so drängt es mich vor Allem, der Herren Dr. Jul. Sachs und Karl Fritsch, die mich durch freundliche Mittheilungen und Rathschläge unterstützt haben und deren wissenschaftliche Arbeiten mir bei den vorliegenden Untersuchungen förderlich waren, in dankbarer Anerkennung zu gedenken.

Anmerkung. Für Längen und Höhen, die sämmtlich durch metrisches Mass ausgedrückt werden, ist im Texte M. = Meter, KM. = Kilometer, Cm. = Centimeter, Mm. = Millimeter. Die Temperaturangaben sind auf die Centesimalscala bezogen.

I. Allium ochroleucum W. et K.

In dieser Pflanze, die schon wegen ihrer eigenthümlichen Verbreitung zu den interessantesten gehört[1], finden wir den Ausgangspunkt für eine Classe von Erscheinungen, die, bei oberflächlicher Betrachtung, unseren bisherigen Vorstellungen über den Einfluss der Wärme auf den Entwicklungsgang der Pflanze scheinbar zuwiderlaufen und ohne Einbeziehung der mit der Wärme in Wechselwirkung stehenden Factoren des Pflanzenlebens nicht verstanden werden können.

Im Laufe von mehreren Jahren, in denen ich mir angelegen sein liess, die genannte Pflanze zu verschiedenen Zeiten an den verschiedensten Localitäten zu untersuchen, gelang es mir, eine Reihe von Thatsachen festzustellen, aus denen das Wechselverhältniss der Factoren Wärme, Licht und Boden in seiner Beziehung zur Entwicklungszeit der Pflanze in gröberen Umrissen durch eine einfache Discussion gefunden werden kann.

1. Als ich den vergangenen Sommer (1872) den 2000 M. hohen Storžeč[2], einen Vorberg der Karavanken-Kette etliche Kilometer nördlich von Krainburg, bestieg, fand ich *A. ochr.* in der Höhe von 1700—1800 M. sehr häufig. Die Blüthenknospen waren am 3. August zum grössten Theile schon aus ihren Hüllscheiden hervorgetreten, und einzelne Exemplare standen bereits in voller Blüthe, umgeben von zahlreichen Alpenpflanzen, unter denen *Leontopodium alpinum*, *Pedicularis tuberosa*, *P. Jacquini* und *P. incarnata*, *Hieracium villosum*, *Saxifraga caesia* und *S. crustata*, *Potentilla Clusiana*, *Campanula pusilla* und *C. Zoysii*, *Heliosperma alpestre*, *Bupleurum graminifolium*, *Daphne striata*, *Chamaeorchis alpina*, *Globularia nudicaulis*, *Dianthus silvestris*, *Oxytropis montana* und *Carex firma* die häufigsten waren.

Diese mitvorkommenden Arten sind für die Natur des Standortes viel zu bezeichnend als dass es nöthig wäre, die Bodenart und Lage gegen die Sonne näher zu beschreiben; es sei nur

---

[1] Sie wächst auf den Karavanken und julischen Alpen und deren Ausläufern bis an die Gestade des Meeres häufig; kommt nach übereinstimmenden Angaben auch in den Karpathen vor.

[2] 32°5′ ö. L., 46°20′ n. B.

bemerkt, dass sich dortselbst reichlicher schwarzer Humus am Boden und in den Zwischenräumen des Gesteins vorfindet. Bis zu dieser kahlen und felsigen Region gelangt selten ein Thier von der tiefer unten weidenden Herde.

Das vorausgegangene Frühjahr ist verhältnissmässig warm gewesen, da im Winter nur wenig Schnee gefallen war. Während sonst der Berg bis in den April einen ringsum geschlossenen Schneemantel trägt, war diesmal im Monate April nur in einzelnen schattig gelegenen Vertiefungen einiger Schnee zu sehen. Auch waren die Regen den Sommer hindurch sowohl im Flachland als auch im Gebirge nach Zeit und Ort ziemlich gleichmässig vertheilt, so dass kein Zeitabschnitt während der heissen Sommermonate bezeichnet werden kann, wo die Vegetation im Gebirge an Trockniss gelitten hätte.

2. Von diesen Alpenhöhen, auf denen wir *A. ochr.* inmitten einer Kälte liebenden Vegetation sehen können, folgen wir unserer Pflanze weit hinab in die warmen Gegenden von Görz[1]. Hier finden wir sie wieder, etwas fester und steifer von Natur, im Übrigen aber von unverändertem Artcharakter, nicht mehr in Gesellschaft von *Leontopodium alpinum, Daphne striata, Globularia nudicaulis, Primula integrifolia* (Wulf), *Sorbus Chamaemespilus* etc., sondern als unmittelbare Nachbarin des Öl- und Feigenbaumes, des Weinstocks und der edlen Kastanie, in einer Region, welche mit der oberen Grenze der Mittelmeerflora zusammenfällt und durch eine mittlere Jahrestemperatur von 14° gekennzeichnet ist.

Die Localitäten, an denen ich die Pflanze durch 12 Jahre zu verschiedenen Zeiten beobachtet habe, liegen ungefähr 10 KM. östlich von Görz, im kleinen Weinland des ungefähr 40 KM. langen und 8—14 KM. breiten Wippachthales, das in WO.-Ausdehnung als ein hügeliges Eocänbecken in die Karstwelt hineinragt. Wie fast alle tertiären Landschaften besitzt auch dieses Hügelland, das durchaus der Nummulitenformation angehört, nur eine geringe Elevation (100—150 M. über dem Niveau des Meeres). Es wird von Mergel- und Sandsteinschichten gebildet, die in

[1] Die Stadt liegt 31° 17′ 2″ ö. L., 45° 56′ n. B., 19 KM. von der Küste des adr. Meeres entfernt.

wechselnder Folge, meist in sehr unterbrochener und geknickter Schichtenordnung, fast das ganze Becken ausfüllen. Nur hie und da tritt der Nummulitenkalk deutlich hervor. Der Mergel ist leicht zerreiblich, in den tieferen Lagen bläulich-grau, von theils blätteriger, theils schaliger Structur.

Den Sandstein fand ich als ein bald fein-, bald grobkörniges Gemenge kleiner weisser oder dunkel gefärbter eckiger Quarzstückchen, welche durch ein dichtes glaukonitisches Cement so vollkommen eingeschlossen und so fest zusammengehalten werden, dass das Ganze ein sehr gleichartiges Ansehen bekommt. Im ursprünglichen Zustande grünlich-grau, verwittert dieses Gestein an der Luft sehr leicht, wodurch es eine rostbraune Farbe und ein lockeres Gefüge annimmt. Als Verwitterungsproducte gehen Kalk- und Eisencarbonat ab und es bleibt nach weiterer Auslaugung und mechanischer Zersetzung eine mit vielem feinen und groben Quarzsand versetzte, an Eisenoxydhydrat sehr reiche (daher rostfarbige, gelb-braune) Thonmasse zurück, in der auch mit bewaffnetem Auge keine Spuren von kohlensaurem Kalk wahrgenommen werden können.

Ich werde fortan den Boden, welcher durch diese Zersetzungsproducte ohne sichtbaren Kalk gebildet wird, da er obigen Sandstein zur Unterlage hat, normalen Sandsteinboden nennen, zum Unterschiede von Mergelboden, welcher Kalk und Thon enthält, während der hie und da (jedoch nirgends auf grössere Strecken) emportauchende Nummulitenfels mit seinen Einschlüssen von Nummuliten und Alveolinen, Bivalven und Echiniden zum grössten Theile Kalksubstanz enthält.

Auf dem eben beschriebenen normalen Sandsteinboden wächst nun *A. ochr.* so häufig, dass man in einem Kreise von 20 Schritt Durchmesser stellenweise die Pflanzen nach Hunderten zählen kann. Am häufigsten finden wir sie zwischen Heidekraut *(Calluna vulgaris)*, welches daselbst ein dichtes Gestrüppe bildet. Ebendort wächst auf gleichem Substrat, doch in geringerer Menge, die Schnabelheide *(Erica carnea)*. Bezeichnend sind für diese Bodenart noch insbesondere *Cytisus nigricans*, *Orobus niger* und *Pteris aquilina*, ferner *Molinia coerulea*, *Serratula tinctoria*, *Hieracium barbatum* (Fries), *Anthericum ramosum* und *Platanthera bifolia*. Von charakteristischen Moosen führen

wir an: *Atrichium undulatum*, *Polytrichum formosum*, *urnigerum* und *aloides*, Arten, welche fast auf jedem Heideboden vorkommen.

Allein es muss bemerkt werden, dass die hier angeführten Arten nur für diesen speciellen Fall den Thon und Sandstein bezeichnen, indem ich sie bisher im Wippachthale noch nie auf typischem Kalk oder Mergel gefunden habe.

Anthericum ramosum wird sonst in anderen Gegenden ebenso häufig auf Kalk angetroffen und *Platanthera bifolia* kommt im Gebirge auf Humus mit rein kalkiger Unterlage vor. Dasselbe gilt von *Orchis sambucina*, einer treuen Begleiterin unseres *A. ochr.* auf normalem Sandsteinboden im Wippachthale, von *Gentiana asclepiadea*, *Doronicum austriacum*, *Dianthus barbatus* und *Hypericum hirsutum*. Keine dieser Pflanzen, die bekanntlich im Gebirge auf kalkigem Substrate wachsen und im Wippachthale auf normalem Sandsteinboden sehr verbreitet sind, am häufigsten aber unmittelbar bei Görz vorkommen, tritt hier auf den benachbarten Mergelboden über, obschon dieser an vielen hundert Stellen mitten im Sandsteingebiet inselartig hervortritt und viel mehr Kalksubstanz enthält als der Sandstein und seine Zersetzungsproducte. Dagegen bevorzugt *Aster Amellus*, eine Pflanze, die ich sonst nur auf Kalk gefunden habe, im Bereich der Nummulitenformation offenkundig den Mergel.

Indessen verhalten sich die Arten, welche hier den ihnen sonst entsprechenden Kalkboden mit den kalkfreien oder sehr kalkarmen Verwitterungsproducten des Numulitensandsteins vertauscht haben, hinsichtlich ihrer Entwicklungszeiten sehr verschieden. Während z. B., um eine Art nur zu erwähnen, *Orchis sambucina*, jene treue Begleiterin unseres *A. ochr.* auf dem bezeichneten Sandsteinboden, schon in den ersten Tagen des März zur Blüthe gelangt, 8 Wochen früher als in dem benachbarten über 1000 M. hohen Trnovaner Gebirge und mehr denn 10 Wochen früher als in der oberen Wiesenregion der Karavanken zwischen 1000 und 1500 M. Seehöhe, finden wir *A. ochr.* auf normalem Sandsteinboden östlich von Görz niemals vor dem 10. September blühen.

Ich fand den vergangenen Sommer das erste blühende Stück am 8. September, doch war dasselbe vereinzelt und ausserdem

sehr verkümmert; erst eine Woche später fand sich ein zweites. Der wahre Anfang der Blüthe trat aber gegen den 18. September ein. An schattig gelegenen Orten blühte die Pflanze bedeutend später.

Nach 12jähriger Beobachtung finde ich den Anfang der Blüthe für freie und sonnige Positionen durchschnittlich zwischen dem 10. und 26. September, für die schattigste Lage fällt aber derselbe zwischen den 23. September und 7. October. In wärmeren, beziehungsweise trockeneren Sommern blüht die Pflanze mehrere Tage früher als nach kühlern, beziehungsweise nasseren Sommern. Was das Jahr 1872 betrifft, so war dieses der vielen Sommerregen wegen ein nasses zu nennen; im Mai und Juni waren die Regen sehr häufig, und im Juli folgte eine kaum 8tägige (perennirenden Pflanzen in tiefgründigem Boden gar nicht schädliche) Trockniss. Gegen Ende Juli fiel wieder reichlicher Regen, während der Spätsommer bis zum 21. September regenlos war. Sollte es dennoch möglich sein, dass jene geringe Trockniss im Monate Juli und September auf die Entwicklung der Blüthe von *A. ochr.* nachtheilig oder verzögernd wirkte, so werden wir darüber Gewissheit erlangen, wenn wir unseren Blick nach solchen Standorten der Pflanze richten, wo der Boden bei freier Position und intensiver Beleuchtung den Sommer hindurch eine reichlichere und beständigere Feuchtigkeit beibehält, bei leichter Durchdringlichkeit des Erdreiches und freiem Abzug des Wassers. Es sind mir mehrere solche beschränktere Localitäten bekannt; die Pflanze hat dort keinen Augenblick (im vergangenen Sommer) an Trockniss gelitten. Am Nordfusse einer frei gelegenen kleinen Terrasse empfing sie z. B., um einen speciellen Fall anzuführen, im Sommer 5—6stündiges directes Sonnenlicht; allein dennoch blühte sie an dieser niemals trockenen Stelle 6 – 8 Tage später als an der dürrsten mir bekannten Örtlichkeit, die eine Neigung gegen Mittag hat.

Ich vermag aus dieser Thatsache, die sich im Gebiete des Nummulitensandsteins unzählige Male wiederholt, nichts Anderes zu folgern als die Gewissheit, dass die Pflanze unter solchen Umständen ein enorm hohes Wärmebedürfniss besitzt, indem die dortselbst vorkommenden normalen Temperaturen noch nicht so hoch sind, dass eine mässige Erhöhung derselben auf die Ent-

wicklung der Blüthe verzögernd wirken müsste. Gleichzeitig kann aus dem Vorgebrachten ersehen werden, dass unsere Pflanze, was ihr Feuchtigkeitsbedürfniss anbelangt, zu den genügsamsten gehört.

Man wird leicht begreifen, wie sehr ich es wünschte, der Pflanze unter solchen klimatischen Verhältnissen auch auf anderem Substrate zu begegnen. Nachdem ich aber im Laufe mehrerer Jahre alle mir zugänglichen Localitäten mit typischem Nummulitenkalk und Mergel im Sandsteingebiete besucht hatte, ohne *A. ochr.* gefunden zu haben, muss ich annehmen, dass die Pflanze solche Bodenart meidet. Es schien mir auch lange Zeit ohne einen Culturversuch unmöglich, zu erfahren, wie sich dieselbe zum Humusboden verhält, da ein solcher an Stellen, wo *A. ochr.* wächst, nirgends vorkommt. Nichtsdestoweniger glaube ich nun auch darüber einigen Aufschluss geben zu können.

Alle Hügel und Anhöhen, auf denen die in Rede stehende Art vorkommt, sind mit lichter Eichenwaldung bewachsen. Da nun die Bäume nahe über dem Boden und grossen Theils in gleicher Höhe mit dem Niveau des Bodens abgestockt werden, so bildet sich in dem übrig bleibenden Stumpfe, da er mit der Zeit inwendig durch das einsickernde Wasser morsch und faulig wird, eine mit schwarzem Mulm, einer Art Dammerde, gefüllte Höhlung, in welcher nach und nach verschiedene spontan angesiedelte Pflanzen Aufnahme finden. Gelang es mir *A. ochr.* unter diesen letzteren zu finden, so war damit das einfachste und unzweideutigste Auskunftsmittel gegeben. Nach vielem Suchen traf ich den 27. September die Pflanze wirklich an drei weit von einander entfernten Stellen in vier Exemplaren unter den bezeichneten Verhältnissen in reinem schwarzem Mulm. An allen drei Stellen fand sich nun die Pflanze genau auf derselben Entwicklungsstufe wie in der nächsten Umgebung auf ganz mineralischem Substrat, und ich konnte mich so genau überzeugen, dass wenigstens diese specielle Art von Humus auf *A. ochr.* nicht anders wirkt als die Zersetzungsproducte des Nummulitenkalksteins.

3. Es ist noch nicht einzusehen, wie sich die im vorigen Abschnitte dargelegten Thatsachen mit der frühzeitigen Entwicklung unserer Pflanze auf den Alpenhöhen der Karavanken

zusammenreimen. Man muss mit Verwunderung fragen, warum die Temperaturen im Hügelland östlich von Görz, welche anscheinend dem Optimum viel näher stehen als jene in der Seehöhe von 1700 M. auf dem Berge Štoržeč, beiweitem keine so schnelle Entwicklung der Blüthe bewirken als jene verhältnissmässig so niedrigen Temperaturgrade auf dem bezeichneten Berge, und unsere Verwunderung ist umsomehr gerechtfertiget als wir nun wissen, dass weder Mangel an Feuchtigkeit der Luft und des Bodens, noch Mangel an Humus die Ursache davon ist.

In dem Lichte, gegen welches *A. ochr.* sehr empfindlich zu sein scheint, da sich seine Blüthenknospen nur während des Tages öffnen und die Pflanze in ihrem Vorkommen tiefschattige Stellen meidet, haben wir zwar einen mächtigen Factor, dessen beschleunigender Einfluss auf das Wachsthum der Blüthentheile nicht unterschätzt werden darf. Ich habe aus dem Grunde bei der Beurtheilung der möglichen oder wahrscheinlichen Wirkungen der Temperatur, des Bodens und der Feuchtigkeit, da wir kein absolutes und verlässliches Mass für deren richtige Schätzung besitzen, auf möglichst gleiche und gleichartige Insolations- und Helligkeitsverhältnisse Bezug genommen; allein wo ein Ausschlag zu Gunsten des Lichtes zu constatiren war, da hatte stets auch die den höheren Lichtgrad begleitende höhere Temperatur einen Antheil an dem Resultate. Alles genau erwogen, muss ich die Überzeugung aussprechen, dass jener höchst bedeutende Unterschied in den Entwicklungsepochen unserer Pflanze in den beiden Gegenden weder durch die Einzelwirkung von Temperatur, Licht und Feuchtigkeit, noch durch deren gemeinsames Zusammenwirken erklärt werden kann, und dass auch das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Humus ohne das Hinzutreten eines neuen Factors mit der wahren Ursache dieser räthselhaften Erscheinung nichts gemein habe.

Die wahrscheinlichste Ursache jener Verspätung der Blüthe von *A. ochr.* auf normalem Sandsteinboden müsste demnach in einer wenig fördernden Wirkung des Substrats zu suchen sein. Eine Probe dieser Bodenart, bestehend aus circa 10 Gramm von den Zersetzungsproducten des Nummulitensandsteins auf doppelt so viel Wasser, welches mit Salzsäure versetzt wurde, gab, 24 Stunden lang digerirt und mit oxalsaurem Ammoniak geprüft,

selbst nach bedeutender Concentration der Lösung durch Eindampfen, keine Reaction auf Kalkerde, woraus allerdings auf die gänzliche Abwesenheit der letzteren nicht geschlossen werden kann. Denn wenn man die Asche von altem abgestorbenem Heidekraut (*Calluna vulgaris*), welches auf diesem Boden neben und mitten zwischen *A. ochr.* gewachsen ist, in gleicher Weise behandelt, so findet man darin nicht weniger als 9 Percent Calcia, eine verhältnissmässig sehr beträchtliche Menge, welche als das Resultat einer mehrjährigen sehr langsamen Anhäufung betrachtet werden muss. Da ich indessen die Asche von *A. ochr.* selbst noch nicht untersucht habe, so kann ich mir über die Zusammensetzung derselben einstweilen kein bestimmtes Urtheil bilden, vermuthe aber, dass diese Pflanze in ihren oberen einjährigen Theilen im Verhältniss zur Trockensubstanz viel weniger mineralische Bestandtheile enthalten wird als altes Heidekraut.

Von der grössten Wichtigkeit für die Aufklärung des merkwürdigen Verhaltens unserer Pflanze ist jedenfalls das Vorkommen derselben an den felsigen Ufern des Isonzo bei Görz. Daselbst beobachte ich sie ebenfalls schon seit 12 Jahren. Sie wächst auf den grossen Felstrümmern von festem Kalkconglomerat (weniger auf weichem erdigen Boden) nahe am Wasser. Das Substrat ist durchaus kalkiger Natur und enthält kaum nennenswerthe Mengen von Humus.

Was die klimatische Beschaffenheit dieser Localitäten betrifft, so lässt sich zunächst nur so viel sagen, dass sie im Sommer kälter gelegen sind als die Anhöhen im östlichen Weinland, von denen oben die Rede war. Ein Beweis dafür sind die zahlreichen dort angesiedelten Gebirgspflanzen, wie *Tofjeldia calyculata, Bellidiastrum Michelii, Paederota Ageria, Denturia enneaphyllos, Potentilla caulescens, Hieracium porrifolium, Cytisus purpureus, Biscutella laevigata, Carex ornithopoda, Epilobium montanum, Petasites niveus, Selaginella helvetica, Campanula caespitosa* und andere Pflanzen, welche längs der Ufer des Isonzo allgemein verbreitet sind und wohl im höheren Gebirgsland, aber nicht auf dem südlichen, 300—400 M. hohen Karstplateau vorkommen. Allerdings finden wir neben ihnen auch südliche Arten, wie *Ferula galbaniflua, Asparagus acutifolius, Ruscus aculeatus, Celtis australis, Quercus Ilex, Pistacia Terebinthus, Bupleurum junceum, Adian*

thum Capillus Veneris und wilde Feigenbäume, weil ihnen die hohen Felsenufer gegen die kalten und allzutrockenen Ost- und Nordostwinde im Winter hinreichenden Schutz gewähren; allein im Sommer wird die Temperatur durch die Nähe des Wassers, welches in den heissesten Monaten nicht mehr als 16—18° hat beträchtlich herabgedrückt.

Ich richtete darum meine Aufmerksamkeit gerade auf jene Exemplare von *A. ochr.*, welche auf den aus dem Wasser hervorragenden Felsblöcken vorkommen, und dachte wohl, es müsse die beständige Feuchte, welche den Felsen durchdringt, der Pflanze im Sommer zum Vortheile gereichen. Allein je näher am Wasser, desto später gelangt dieselbe zur Blüthe, auch wenn sie auf der Sonnenseite des Felsens gelegen ist. Unzählige Male konnte ich mich überzeugen, dass das volle Sonnenlicht zwar einen merklich beschleunigenden Einfluss auf die Entwicklung der Blüthe ausübt, dass aber dieser Vortheil durch die kühlende Nähe des Wassers mehr als aufgehoben wird.

In sehr warmen Sommern fand ich die ersten Blüthen an den wärmsten und sonnigsten Stellen zwischen den 5. und 10. September, in kühlen regenreichen Sommern zwischen dem 10. und 17. September. Im Ganzen blüht die Pflanze hier in den wärmsten Jahren 8—10 Tage früher als auf dem normalen Sandsteinboden; in nassen Sommern, wie der letztvergangene, beginnt sie ungefähr zu derselben Zeit zu blühen wie auf dem bezeichneten Sandsteinboden im Weinland des Wippachthales. Sie müsste aber nach ihrem uns nun bekannten Verhalten gegen die Temperatur diesen Sommer später, mindestens 1—2 Wochen später als an den Localitäten des im vorigen Abschnitte beschriebenen Hügellandes geblüht haben.

Wo ist nun der Ersatz für die im Isonzo-Thale der Pflanze in geringerem Masse zukommende Wärme zu suchen? Wir denken, es müsse derselbe in einer günstigen Eigenschaft des Bodens liegen und nehmen an, dass der Kalk der Unterlage auf das Wachsthum und den Entwicklungsgang der Pflanze beschleunigend wirkt. Diese Annahme wollen wir wenigstens solange beibehalten als sie durch die nächsten Thatsachen unterstützt wird.

Nun müssen wir fragen, wie kommt es, dass *A. ochr.* am Isonzo bei Görz erst im September blüht, während diese Pflanze

auf den Alpenhöhen der Karavanken schon zu Anfang des Monates August ihre Erstlingsblüthen entfaltet? Ist die Kalkunterlage an den Ufern des Isonzo in mineralogischem Sinne nicht gleichartig mit jener der bezeichneten Alpenhöhen und benachbarten Gebirge?

In Betriff dieser letzteren Frage werden keine Zweifel obwalten, denn die Geschiebe am Isonzo bei Görz, welche, durch festes Kalkcement mit einander verbunden, die steile 20—30 M. hohen Felswände und die zahlreichen davon abgerissenen Trümmer bilden, stammen von den Gebirgen im Quellgebiete des Flusses, worauf einzelne eingestreute Grünsteine und phorphyrartige Geschiebe hinweisen. Nun sind die Gebirge am oberen Isonzo (von theils dolomitischer, theils mehr kalkartiger Zusammensetzung) petrographisch und physiognomisch mit den Karavanken gleichartig und besitzen auch eine dieser Übereinstimmung entsprechende Flora. In der physischen und chemischen Constitution der Unterlage wird somit die Ursache, warum *A. ochr.* am Isonzo bei Görz 5 Wochen später blüht als auf der Seehöhe von 1700 M. in der Gebirgskette der Karavanken, wohl nicht zu suchen sein, und wir werden in der Folge Gelegenheit haben, uns noch fester davon zu überzeugen.

4. Im Obigen haben wir angenommen, dass die Entwicklung der Blüthen bei *A. ochr.* durch den im Boden enthaltenen Kalk gefordert werde. Da aber die Blüthezeiten der Pflanze am Isonzo bei Görz und auf den Alpen nördlich von Krainburg um volle 4—5 Wochen differiren, so reicht diese Annahme keineswegs für alle hier in Betracht kommenden Fälle aus, und wir müssen uns neuerdings nach einem weiteren Factor umsehen, den wir in das verwickelte Labyrinth der Thatsachen einführen. Doch wo liegt die unbekannte Grösse, durch deren Auffindung obige Widersprüche ihres paradoxen Ansehens entkleidet werden? Umsonst suchen wir sie in den Verhältnissen der Temperatur, des Lichtes, der Feuchte der Luft und des Bodens, umsonst auch in der nährenden Kraft des Humus, wenigstens solange diese nicht durch einen begünstigenden und vermittelnden Umstand unterstützt wird.

Wenn wir aber an dem fördernden Einflusse des Kalkes als einer angenommenen Thatsache festhalten und die Beziehungen

des Kalkes zu den im Boden und in der Atmosphäre enthaltenen Nährstoffen der Pflanze näher ins Auge fassen, so können wir, indem wir den Humus auch einbeziehen, nicht weit vom Ziele sein.

Es kommt nämlich bei der Beurtheilung der Wirksamkeit des Bodens im vorliegenden Falle nicht blos auf das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein des Kalkes, der in der Bodenkrume gemeiniglich als kohlensaurer Kalk vorkommt, sondern auch auf jene Bedingungen und Modalitäten an, unter denen die Pflanze von demselben mehr oder weniger Gebrauch macht. Wir müssen daher nach den Mitteln fragen, durch welche der Kalk in seine lösliche Form als Kalkbicarbonat übergeführt wird, so dass er durch die Wurzeln der Pflanze aufgenommen werden kann. Ein solches Mittel ist aber offenbar der Humus, welcher durch seine langsame Zersetzung beständig Kohlensäure entwickelt. Diese aber vermag bei Gegenwart von Wasser im Boden stets eine entsprechende Menge von kohlensaurem Kalk (als Bicarbonat) in Lösung zu erhalten. Aber die Fähigkeit des Wassers, kohlensauren Kalk unter Mitwirkung der Kohlensäure aufzulösen, ist in bedeutendem Grade von der Temperatur abhängig und ist bei niedriger Temperatur grösser als bei höherer, indem beim Erwärmen einer gesättigten Lösung von Kalkbicarbonat ein Theil der Kohlensäure unter Bildung eines Niederschlags von kohlensaurem Kalk entweicht.

Aus dem Grunde wird der feuchte Boden in den Alpen und Voralpen nicht blos darum eine grössere Menge von Kalkbicarbonat enthalten, weil dort eine mehr oder minder mächtige Humusschichte den felsigen Kalkboden als eine beständig thätige Quelle für Kohlensäure überlagert, sondern auch vorzüglich darum, weil sich darin die Kohlensäure wegen der verhältnissmässig niedrigen Temperatur des Bodens leichter ansammelt. Man erwäge z. B. nur die Thatsache, dass Wasser von 4° 1·5 Volumen Kohlensäure aufnimmt, bei 15° aber nur 1 Volumen. Der Humus wirkt überdies wie ein Wasser aufsaugender und festhaltender Schwamm, in welchem sich die Lösung des Kalkes gleichmässig vertheilt. Wenn wir auch noch hinzufügen, dass dem Humus eine beträchtlich grössere Wärmecapacität zukommt als dem rein mineralischen Boden, wodurch die dem Wachsthum schädlichen raschen Temperaturschwankungen des Bodens ver-

mieden werden, so wird es nicht schwer einzusehen, wie sehr die Pflanzen in den Alpen und Voralpen im Sommer im Vortheile sind im Vergleich zu jenen der Niederungen und insbesondere der südlichen Gegenden.

Wir gingen hier von der Voraussetzung aus, dass das Kalkbicarbonat im Boden (wenigstens bei den sogenannten kalksteten und kalkholden Pflanzen) wie ein Nahrungsstoff wirkt, der das Wachsthum und die Entwicklung der Pflanze fördert; es bleibt aber unentschieden, ob diese Förderung auf Rechnung des Kalkes, der Kohlensäure, oder auf Rechnung beider Bestandtheile geschieht. Wohl denkbar, und auch wahrscheinlich ist es, dass sich die Pflanzen je nach Art und Gattung diesen Agentien gegenüber verschieden verhalten. Am meisten werden natürlich unter sonst gleichen Verhältnissen diejenigen Arten in den Alpen und Voralpen im Vortheile sein, welche sich den Kalk und die Kohlensäure zu Nutzen machen. Wegen seiner verhältnissmässig so raschen Entwicklung im Gebirge dürfte *A. ochr.* in diese letztere Kategorie gehören.

Wenn aber in den kälteren und im Sommer feuchteren Klimaten der höheren Kalkgebirge durch mächtige Humusablagerungen und eine niedrigere Temperatur alle wesentlichen Bedingungen für eine reichliche Bildung von Kalkbicabornat gegeben sind, einer Verbindung, welche einen Theil der Kohlensäure sehr leicht an die Pflanze abgibt, so wird dieser wichtige Process dort auch noch dadurch gefördert, dass die Lösung des Kalkes selbst freie Kohlensäure aus der Umgebung anzieht und festhält, wodurch sie zu einem für die Ökonomie der Pflanze höchst bedeutsamen Motor wird, indem durch die rasche Aufnahme neuer Kohlensäure aus der Luft und dem Boden der durch den Verbrauch entstehende Verlust schnell ersetzt wird. Es ergibt sich das Gesagte aus mehreren, zwar wohl bekannten, aber bis jetzt nicht genug gewürdigten Thatsachen, von denen wir indessen nur folgende zwei erwähnen.

Reines (destillirtes) Wasser nimmt, wenn man es, vor Staub geschützt, noch so lange in freier Luft stehen lässt, nie so viel Kohlensäure aus der Luft auf, dass man mit Kalkwasser einen deutlichen Niederschlag erhielte, während alle stehenden Gewässer auf kalkhältigem Grunde nebst Kalkbicarbonat auch eine

bald grössere bald geringere Menge mit Kalkwasser leicht nachweisbarer freier Kohlensäure enthalten. Schüttet man aber in etwa 10 Gramm reines Wassers etliche Centigramm fein zerriebene Kreide und lässt das Ganze in offenem Gefässe an einem ruhigen Orte des Zimmers stehen, so löst das Wasser schon in 8 Tagen so viel von dem eingestreuten kohlensauren Kalk auf, dass man nach sorgfältigem Filtriren der Lösung durch Behandlung mit oxalsaurem Ammoniak einen sehr deutlichen Niederschlag erhält. Nach weiteren 8—10 Tagen gibt die Lösung, mit Kalkwasser versetzt, eine unzweideutige Reaction auf freie Kohlensäure. Die letztere stellt sich um so früher ein, wenn man das Wasser einige Male (in Zeitintervallen von 1—2 Tagen) gut umgerührt hat, dass es milchig wurde.

Ausserdem habe ich den im zweiten Abschnitte beschriebenen schwarzen Mulm, auf dem ich *A. ochr.* an drei Stellen wachsend angetroffen hatte, einem ähnlichen Versuche unterzogen, indem ich 3 Grm. davon mit circa 8 Grm. reines Wasser 15 Tage lang in einem Zimmer bei 14—16° stehen liess, konnte aber in dieser Zeit in der Lösung weder Spuren von Kalkbicarbonat, noch Spuren von freier Kohlensäure auffinden.

5. Möge dieses indessen wie immer gedeutet werden, es bleibt doch nun eine kaum zu widerlegende Thatsache, dass der Humus, wo er auf kalkigen Grunde vorkommt, für unsere Pflanze ein sehr wirksames Förderungsmittel des Wachsthums und der Entwicklung enthält. Als eine weitere Stütze dieser hier ausgesprochenen Ansicht kann ich auch die Resultate meiner im Jahre 1868 eigens in dieser Richtung angestellten Beobachtungen anführen.

Damals begann *A. ochr.* auf dem normalen Sandsteinboden östlich von Görz den 24. September, an den Isonzo-Ufern nicht weit davon am 10. September zu blühen; aber auf dem 630 M. hohen fast ganz kahlen S. Valentini-Berge[1] fand ich die Pflanze ganz oben schon den 31. August in der Erstlingsblüthe. In ihrer nächsten Nähe wachsen folgende, den felsigen Boden und die Lage des Standortes bezeichnende Arten: *Seseli Gouani, Trinia*

[1] Der Berg S. Valentini, ein Vorberg des hohen Karstes, liegt am r. Ufer des Isonzo, ungefähr 4 KM. nördl. von der Stadt Görz.

vulgaris, ***Dianthus silvestris***, *Astragalus vesicarius*, *Asphodelus albus*, ***Molopospermum cicutarium***, *Convallaria Polygonatum*, *Allium fallax*, ***Genista sericea*** und *G. diffusa*, *Centaurea rupestris*, *C. axillaris*, ***Daphne alpina***, *Cotoneaster tomentosus*, *Spiraea ulmifolia*, ***Primula suaveolens*** und *P. Auricula*, *Echinops Ritro*, *Saxifraga crustata*, *Plantago Victorialis*, *Linum narbonense*, *Betonica Alopecurus*, *Hieracium villosum*, *Salix grandifolia*, *Medicago Pironae*, ***Silene Saxifraga***, *Sesleria coerulea*, *Rhamnus rupestris*, *Ruta divaricata*. Unter diesen Arten finden wir manche echte Gebirgspflanze.

A. ochr. wächst hier nur auf der Südseite des Bergrückens, wo der kahle felsige Boden frei den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist. Daselbst dringen seine Wurzeln tief in das Gestein, dessen Spalten und Zwischenräume mit schwärzlichem Humus angefüllt sind.

An das Wippachthal schliesst sich im Norden unmittelbar der hohe Karst an. Sein weit ausgedehnter Rücken (1000 M. über dem Meere) ist mit Buchen, Fichten und Tannen dicht bewaldet; die höchsten Kuppen erreichen eine Seehöhe von 1400—1600 M. Doch ist die gegen das Wippachthal steil abfallende Südseite über dem Gürtel der flaumigen Eiche (*Q. pubescens*) fast ganz kahl. Hier nun an dieser kahlen felsigen Bergwand begegnet uns *A. ochr.* wieder. Seine Verbreitung geht bis nahe 800 M. Seehöhe herab und steigt nach oben bis zur höchsten Randkuppe des Gebirges (Čavn, 1300 M.) über der Ortschaft Osek (ungefähr 11 KM. östl. von Görz).

An der oberen Grenze finden wir *A. ochr.* in Gesellschaft von echten Gebirgspflanzen, wie *Rubus saxatilis*, *Gnaphalium Leontopodium*, *Salix glabra* und *S. grandifola*, *Lonicera alpigena*, *Aconitum variegatum*, *Rhamnus carniolica* Kerner (*R. alpina Aut.*), *Senecio Doronicum*, *Chrysanthemum montanum*, *Hladnikia pastinacifolia*, *Euphrasia salisburgensis*, *Viola pinnata*, *Ranunculus montanus*, *Saxifraga crustata* u. a. Etliche dieser Arten gehen bis zur unteren Grenze unserer Pflanze herab. Erwähnenswerth sind insbesondere als Begleiter der letzteren *Hieracium glaucum*, *Aster Amellus*, *Satureja montana* und *S. illyrica*, sowie die meisten jener für den Berg S. Valentini bezeichneten Gebirgspflanzen. Gegen die untere Grenze zu enthält der Boden weniger Humus als weiter oben; auch ist dieser dort magerer und weniger

dunkel gefärbt, nimmt aber nach oben an dunkler Farbe und Fettigkeit zu. In der Seehöhe von 1000—1300 M. ist die Humusschicht spannendick, zwischen lockerem Gestein noch viel mächtiger. Und hier war es, zwischen 1000—1200 M., wo ich im Jahre 1868, die ersten blühenden Exemplare von *A. ochr.* schon den 17. August gefunden habe. In den tieferen Regionen blühte die Pflanze später, und an der unteren Grenze ihres Vorkommens, bei 800 M., entfaltete sie erst den 28. August ihre Erstlingsblüthen. Zu dieser Zeit hatten an den höchst gelegenen Standorten viele Exemplare schon abgeblüht, wenngleich manche wegen der horizontalen Lage des Bodens ein schwächeres Licht empfingen als jene an den unteren, der Sonne zugewendeten Gehängen des Berges.

Zwei Ausflüge in die Gegend von Čepovan (Chiapovano) und Tribuša, 20—24 KM. n. ö. von Görz, in den Sommern 1867 und 1868 hatten mir Gelegenheit gegeben, *A. ochr.* auch in dieser interessanten Gebirgslandschaft kennen zu lernen. In Betreff der topographischen Einzelheiten und hinsichtlich der physiognomischen Beschaffenheit und Gestaltung des Bodens verweise ich auf meinen Bericht über die Bereisung jener Gegend Anfangs August 1867 in den Verhandlungen der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien, Jahrgang 1868. Hier möge nur erwähnt werden, dass sich obige Landschaft im Süden an den hohen Karst anlehnt. Durch ein 1200—1300 M. hohes Gebirgsplateau gegen Süden abgeschlossen, ist sie für die vom Meere kommenden warmen Winde unzugänglich und öffnet sich frei nur nach Nord und Nordwest, wodurch klimatische Verhältnisse geschaffen werden, welche von denen der Görzer Karstgebirge gänzlich verschieden sind.

Nur so wird man begreifen, wie dort bei einer Elevation von kaum 500—700 M. über dem Meere eine ganz typische Voralpenflora mit *Rhododendron hirsutum*, und *Rh. Chamaecistus*, *Rubus saxatilis*, *Asperula longiflora*, *Carex firma*, *Viola pinnata* und *V. biflora*, *Soldanella minima*, *Salix glabra*, *Rhamnus carniolica* etc. gedeihen kann. Auf kreideweisser, magnesiahältiger Kalksteinunterlage, die mit einer mächtigen Schicht von schwarzem, fett anzusehenden Humus bedeckt ist, wächst *A. ochr.* mit zahlreichen Gebirgspflanzen, von denen wir als die bezeichnendsten

Valeriana saxatilis, Homogyne silvestris, Rhamnus pumila, Dianthus silvestris, Primula carniolica, Carex tenuis und *C. mucronata, Cytisus radiatus, Euphrasia salisburgensis, Carduus defloratus* und *Viola pinnata* anführen. Dortselbst kommen von anderen mehr verbreiteten Arten vor: *Calluna vulgaris, Convallaria majalis, Biscutella laevigata, Aster Amellus* und *Scabiosa Succisa.*

Für die freiesten und sonnigsten Örtlichkeiten, wie solche *A. ochr.* überhaupt allen andern vorzieht, fiel der Anfang der Blüthe in beiden Jahren zwischen den 5. und 8. August. In Bezug auf die Blüthezeit unserer Pflanze kommt also die Gegend von Čepovan und Tribuša den Alpenhöhen der Karavanken nördlich von Krainburg am nächsten. Nirgends konnte ich wahrnehmen, dass ihre Entwicklungsdauer von einem grösseren oder geringeren Magnesiagehalte des Bodens irgendwie abhängig wäre.

6. Ähnlich wie *A. ochr.* verhalten sich die Arten *Gentiana asclepiadea* und *Senecio Fuchsii*, doch finde ich die fördernde Wirkung des Kalkes bei diesen geringer. Beide sind unter sehr verschiedenen klimatischen Verhältnissen, und zwar auf den Voralpen und höheren Gebirgen auf humusreichem Kalksubstrat und im warmen tertiären Hügelland bei Görz auf normalem Sandsteinboden beobachtet worden.

Es wurde ferner ein ähnliches Verhalten für *Aconitum variegatum, Artemisia vulgaris* und *A. camphorata* gegen einen humusfreien Kalkboden in wärmeren und gegen einen humusreichen Kalkboden in kälteren Regionen nachgewiesen. Auch die frühzeitige Blüthe bei *Aster Amellus* in den Voralpen im Vergleich mit der viel langsameren Entwicklung dieser Pflanze auf dem Mergel des Nummulitensandsteins bei Görz gehört in diese Gruppe von Erscheinungen. (Man vergl. „Studien" l. c. p. 46—60 und p. 85—92.)

II. Colchicum autumnale.

Keine unserer heimischen Pflanzen können wir unter so verschiedenen klimatischen Verhältnissen zu gleicher Zeit blühen sehen als die Herbstzeitlose. Anfangs einzeln, nach und nach häufiger und endlich truppenweise erscheint sie im Monate

August nicht blos auf den Wiesen, Auen und Triften der Niederungen Mitteleuropas, sondern auch im Gebirge und selbst auf einzelnen Grasplätzen der Voralpen; am meisten aber werden wir überrascht, wenn sie uns gleichfalls im August in dem gleichen Entwicklungsstadium auch im Hügelland und in den Niederungen Südeuropas begegnet, wo die Weinrebe in der Nachbarschaft des Öl- und Feigenbaums, des Lorbeers und der Cypresse, so wie zahlreicher anderer Mittelmeerpflanzen schon im Juli und August ihre Früchte zur Reife bringt.

Es kam mir darum bisweilen vor, als ob es dieser Pflanze gegeben wäre, sich gewissermassen von dem Einflusse grösserer Temperaturunterschiede frei zu halten. Doch erst auf Grund nachfolgender Culturversuche, die ich den vergangenen Sommer theils in Krainburg, theils in Görz angestellt habe, lässt sich, vielleicht nicht mit voller Berechtigung, eine wissenschaftliche Interpretation dieser Erscheinung versuchen.

Erster Versuch.

Den 24. Juni (1872) wurden etliche Zwiebeln von *Colchicum* nächst Krainburg ausgegraben. Die Localität liegt mitten in einer kleinen Thalmulde auf tiefgründigem Boden, welcher im Sommer von 6 oder 7 Uhr Morgens bis circa 3 bis 4 Uhr nach Mittag direct von der Sonne Licht und Wärme empfängt. An den Zwiebeln hingen noch die bereits entleerten und vertrockneten Fruchtkapseln (Bälge), von gelben, theilweise schon abgestorbenen Blättern umgeben, die sammt den abgelebten Wurzeln ihre Functionen eben beendet hatten. Hinter den umhüllenden (saftigen) Häuten lag tief unten die Blüthenknospe, kaum von der Grösse eines Hanfkornes.

Diese Zwiebeln wurden zu weiterem Gebrauche in einem Blumentopfe mit mässig feuchter Erde aufbewahrt, und zwar an einem schattigen Orte mit 19—25° Temperatur.

Am 1. Juli versetzte ich zwei Stück in ein Gefäss aus verzinntem Eisenblech von 10·5 Cm. Höhe und 7·5 Cm. Durchmesser mit siebartig durchstochenem Boden; ich setzte dieselben 7 Cm. tief und füllte das Gefäss mit guter Gartenerde, die fortan gleichmässig feucht gehalten wurde. Hierauf wurde das Gefäss über eine schwache Weingeistflamme aufgehängt und die Tempera u

im Innern des Gefässes mittelst eines Thermometers, dessen Kugel zwischen den Zwiebeln stand, und eines Schiebers am Gestelle (zum Höher- und Tieferstellen) derart regulirt, dass sie grösstentheils auf 31—38° stand. Das Ganze wurde in einem Locale zu ebener Erde mit 21—22° (eine Temperatur, welche das Locale durch den ganzen Monat Juli behielt) und beständig feuchter Luft aufgestellt.

Am 15. Juli wurden die Zwiebeln herausgenommen und deren Blüthenkeime nach behutsamer Trennung (nicht Entfernung) der locker anliegenden braunen Häute besichtiget. Beide Zwiebeln waren gesund, aber die Blüthenknospen hatten kaum um 3—7 K-Mm. an Volumen zugenommen. Nur bei einer Zwiebel hatte der Keim die dünne durchscheinende Hüllmembran bereits durchbrochen.

Im Laufe der 14tägigen Exposition kamen allerdings nicht unbedeutende Temperaturschwankungen vor, indem das Thermometer einmal (etliche Stunden) bis auf 40° gestiegen und ein anderesmal auf 21° gesunken war, allein viel mehr als die Hälfte dieser Zeitdauer blieb die Temperatur zwischen 31 und 35°.

Noch an demselben Tage (15. Juli) untersuchte ich auch einige der übriggebliebenen *Colchicum*-Zwiebeln an dem Orte ihres Vorkommens in jener oben erwähnten Thalmulde, und siehe, es zeigte sich, dass sie in der Fortentwicklung ihres Blüthenkeimes mit den zwei Versuchspflanzen über der Weingeistflamme mit gleichen Schritt hielten. Sie lagen in einer Tiefe (14—17 Cm.), deren Temperatur an jenem Tage um 7 Uhr Abends 25° betrug, da mehrere warme Sonnentage vorausgegangen waren. In freier Luft zeigte das Thermometer gleichzeitig an einem schattigen Orte daneben 19°. Man kann annehmen, dass die höchste Temperatur während des Monates Juli an dieser Stelle (wo nämlich die *Colchicum*-Zwiebeln ausgegraben worden waren) in der Tiefe von 14—17 Cm. jedenfalls 26° nicht überschritt.

Es hatten also die Temperaturen über 26° zur Weiterentwicklung des Blüthenkeims, so viel sich jetzt sagen lässt, unmittelbar nichts beigetragen.

Den 22. Juli wurden die Zwiebeln neuerdings aus dem Gefässe herausgenommen. Es zeigte sich, dass die Blüthenkeime einen ziemlich merklichen Fortschritt gemacht hatten; der eine

von den zwei Keimen trat aus der äusseren pergamentartigen (bräunlichen) Hüllhaut hervor und der andere ist sichtlich grösser geworden. Immerhin aber hatte ich bei der hohen Temperatur (40—42° durch 2 Tage, 25—40° durch 5 Tage) eine viel grössere Evolution der Blüthenknospen erwartet.

Als die Pflanzen am 31. Juli von neuem behutsam herausgenommen und besichtigt wurden, bemerkte ich, dass die Blüthenknospen seit dem 22. Juli fast gar keinen Fortschritt gemacht hatten, wenngleich die Temperatur der Zwiebeln und ihrer nächsten Umgebung nahezu beständig zwischen 35 und 42° stand und in den 9 Tagen kaum 30 Stunden auf 22° gesunken war.

Von da an wurde die Behandlung durch Erwärmung mittelst Weingeistflamme abgebrochen und das Gefäss in einen geräumigen Blumentopf versenkt, der Zwischenraum aber mit Erde ausgefüllt, welche gut befeuchtet wurde. Das Ganze stellte ich hinter die Gangmauer am Corridor des Wohnhauses, so dass die Versuchspflanzen, obschon der Corridor gegen SW. liegt, keine directen Sonnenstrahlen empfangen konnten.

Zweiter Versuch.

Unter diesen neuen Verhältnissen gaben die Versuchspflanzen folgendes Resultat: Als die Zwiebeln am 7. August wieder herausgenommen und besichtigt wurden, zeigte es sich, dass die Blüthenknospen in diesen 7 Tagen, während sie einer Temperatur von 19 bis 25° ausgesetzt waren, einen bedeutenden Fortschritt gemacht hatten, indem der Zuwachs nun viel grösser war als jener vom 1. bis 31. Juli, wiewohl in jener 30tägigen Periode den Pflanzen durch die Weingeistflamme viel mehr Wärme mitgetheilt worden war.

Vom 7. August bis zum 12. desselben Monates fiel der Zuwachs noch grösser aus; in diesen 5 Tagen hatten die Knospen mehr an Grösse zugenommen als in den vorhergehenden 7 Tagen, eine Knospe war nun schon 32 Mm. lang. Noch schleuniger wurde das Wachsthum vom 12. bis 15. August, denn der eine Keim mass am 15. August 40, der andere 32 Mm. Länge und die Zwiebeln hatten nun zahlreiche, 3—7 Mm. lange Würzelchen getrieben. Nun gingen die Blüthenknospen von da an mit zuneh-

mender Geschwindigkeit ihrer völligen Entfaltung entgegen. Am 19. August war die Spitze einer Knospe bereits aus der Erde hervorgetreten und am 22. oder 23. August stand die schliessliche Entfaltung des Perigons zu erwarten[1]. Die Temperatur, welche die Pflanzen in dieser Zeit empfingen, schwankte noch immer zwischen 19° (am Morgen) und 25° (um 2—3 Uhr nach Mittag). Was den Feuchtigkeitsgrad der Erde im Blumentopfe anbelangt, so trachtete ich nach Möglichkeit durch Begiessen und eine passende Bedeckung mit einem Brette diejenige Feuchte herzustellen, welche dem natürlichen Zustande eines tiefgründigen Bodens im Sommer in der Tiefe von 14—17 Cm. im allgemeinen entspricht.

Diesen Thatsachen gegenüber verdient bemerkt zu werden, dass ich bereits am 10. August (1872) zwei blühende Herbstzeitlosen im Freien gefunden habe, und zwar nicht weit von Radmannsdorf in Oberkrain am Südabhang eines niedrigen Vorberges der Karavanken; die zwei blühenden Exemplare lagen zwischen Obstbäumen in der Nähe eines Dorfes auf gedüngtem tiefgründigem Boden. Am 13. August standen schon zahlreiche Herbstzeitlosen in der Umgebung von Krainburg in Blüthe und am 14. desselben Monates sah ich die erste an jener Stelle blühen, wo die zu den vorliegenden Versuchen genommenen Zwiebeln ausgegraben worden sind; am folgenden Tage wurden dort bereits mehrere sichtbar.

Da sich bei den zwei, dem obigen Versuche unterzogenen Exemplaren das Perigon nicht vor dem 22. oder 23. August geöffnet haben würde, so beträgt die Verspätung in der Entwicklung ihrer Blüthe nicht weniger als 7, aber auch nicht mehr als 9 Tage, hätte aber ohne Zweifel viel mehr betragen, wenn die Pflanzen längere Zeit über der Weingeistflamme behalten worden wären. Offenbar liegt die Ursache dieser Verspätung in der viel zu hohen Temperatur, welche die Versuchspflanzen vom 1. bis 31. Juli zu ertragen hatten. Ich könnte mir anders den raschen und fast plötzlichen Fortschritt in der Entwicklung der Blüthenknospen vom 31. Juli bis 7. August, in einer Periode, wo gemäs-

[1] Was mit diesen Versuchspflanzen weiter geschah, folgt im vierten Versuch.

sigtere Temperaturen denselben zu Gebote standen, nicht erklären. Weil indessen die Evolution der Blüthe später dennoch einen regelmässigen und ganz normalen Verlauf nahm, so möchte ich behaupten, dass die angewendeten hohen Temperaturen der Pflanze nicht gerade schädlich waren, sondern vielmehr im Sinne des Wachsthums ohne Wirkung geblieben sind; wenigstens für die Temperaturen, welche 40° überschritten, lässt sich dieses mit Bestimmtheit sagen.

Auch folgt hieraus, dass das Optimum, d. i. die für das Wachsthum der Blüthenknospe günstigste Temperatur, nicht über 31°, wohl aber viel tiefer zu suchen ist. In dieser Ansicht bestärkt mich der folgende Versuch.

Dritter Versuch.

Am 9. Juli wurden zwei andere von den am 24. Juni ausgegrabenen *Colchicum*-Zwiebeln in einem kleinen Glasgefässe, 10 Cm. tief in gewöhnlicher Gartenerde, in die Vorkammer eines Eiskellers gebracht und daselbst in einen Winkel hingelegt, wo die Temperatur auf $11^1/_4°$ stand. Sie blieben dort 40 Tage, beständig im Dunkel. Als das Gefäss mit den Versuchspflanzen am 18. August zur Besichtigung der Blüthenknospen weggenommen wurde, zeigte das Thermometer $13^1/_4°$; es war also innerhalb dieser Zeit die Temperatur jener Stelle, wo die Versuchspflanzen gestanden sind, um 2° gestiegen.

Wie staunte ich nun, als ich die Blüthenknospen, welche am 9. Juli kaum von der Grösse eines Hanfkornes waren, 8 und 10·5 Cm. lang und so weit entwickelt fand, dass ihnen bis zur völligen Evolution kaum 2 oder 3 Tage fehlten! Beide Zwiebeln waren mit einem dichten und weit ausgebreiteten Wurzelgeflecht versehen. Die Erde im Gefässe war noch immer feucht, obschon sie seit dem 9. Juli nicht begossen worden war, denn sie hatte in der dumpfen und feuchten Kellerluft fast gar kein Wassser durch Verdunstung verloren. Die Verspätung in der Entwicklung der Blüthe beider Versuchspflanzen bezogen auf die Blüthenepoche an dem Orte, woher die Zwiebeln genommen worden waren, betrug daher nicht mehr als 7 Tage, wenn wir den 14. August als den Normaltag für den Beginn der Blüthe, d. i.

für das erste Erscheinen der Herbstzeitlose an der bezeichneten Stelle annehmen.

Ans Licht gebracht und bei SW.-Position erst einer Temperatur von 20—25° ausgesetzt, dann einige Tage bei 19—20° im Wohnzimmer gehalten, entfalteten sich die Blüthen (mehrere nach einander) ganz regelmässig und wurden zu weiteren Beobachtungen benützt.

Hieraus folgt mit Sicherheit, dass für die *Colchicum*-Blüthe das Optimum, d. i. die Temperatur der raschesten Entwicklung, näher bei 11° liegt als bei Temperaturgraden zwischen 35 und 40°. Ein so unerwartetes Resultat machte den Wunsch in mir rege, zu erfahren, ob ein Wachsthum der Blüthenknospe nicht auch bei noch tieferen Temperaturen stattfindet.

Vierter Versuch.

Da ich mich im Laufe des zweiten Versuches überzeugt hatte, dass sich die hiezu verwendeten Pflanzen trotz der ungewohnten Behandlung in ganz normalem Zustande befanden, so hielt ich sie durchaus für geeignet, mir die gewünschte Aufklärung zu geben. Es wurde daher nicht weiter gewartet, bis sich die bereits aussen sichtbare Blüthenknospe völlig entfalte; ich trug das Gefäss mit den Versuchspflanzen gleich am 19. Aug. in den Eiskeller hinab und stellte dasselbe zunächst in einen dunklen Winkel der Vorkammer mit $12^1/_2°$ Temperatur. Nach 20 Stunden fand ich, dass sich die eine Blüthenknospe um 2 Mm. verlängert hatte, die andere war noch nicht aussen sichtbar.

Nachdem ich nun an Ort und Stelle den Stand der Spitze der Blüthenknospe über dem Rande des Gefässes mit aller möglichen Genauigkeit bestimmt hatte, versetzte ich das Gefäss ganz nahe neben den Eishaufen, an eine Stelle, deren Temperatur damals $3^3/_4°$ war. Daselbst blieben die Pflanzen 10 Tage lang, stets im Dunkel.

Am 29. August entfernte ich die Pflanzen aus dem Eiskeller um sie zu untersuchen. Als ich nun für die vorgerückteste Knospe den Stand der Keimspitze über dem Rande des Gefässes wieder bestimmte, fand ich eine Längenzunahme von 3·5 Mm., eine zwar geringe Grösse, dennoch aber unerwartet und über-

raschend zugleich, wenn man bedenkt, dass die Herbstzeitlose im Freien bisweilen mitten im Sommer zur Zeit der höchsten Temperaturen zur Blüthe gelangt.

Diese hier constatirte Längenzunahme bezieht sich indessen nur auf die das Perigon einhüllende nervige Blüthenscheide; das eingeschlossene Perigon selbst war durch die gelblichweisse durchscheinende Scheide noch nicht sichtbar. Die Temperatur an der Stelle, wo das Gefäss gestanden ist, betrug 5°, war somit vom 19. bis 29. August um $1^1/_4$° gestiegen. Die Erde blieb mässig feucht.

Noch an demselben Tage stellte ich das Gefäss (um 11 Uhr vor Mittag) auf das Ganggeländer meiner Wohnung und liess hier die Pflanzen bis 12 Uhr Mittags bei voller Insolation und einer Temperatur von 25—31°; alsdann brachte ich sie ins Zimmer. Hier blieben sie bei 18—19° 3 Tage in diffusem Lichte. In den nächsten 24 Stunden verlängerte sich der Blüthenkeim um 2 Mm., am zweiten und dritten wurde kein Wachsthum mehr wahrgenommen. Die noch immer durchscheinende Blüthenscheide, welche die Form eines etwas comprimirten Schlauches angenommen hatte, liess das Perigon noch nicht durchblicken; es musste das letztere jedenfalls noch tief in der Scheideröhre stecken. Es ist daher höchst wahrscheinlich, dass seit dem 19. August nicht das Perigon, sondern nur die Blüthenscheide gewachsen ist, da ich sonst bei Exemplaren, welche unter normalen Verhältnissen gewaehsen sind, niemals in diesem Stadium einen leeren Raum zwischen der Blüthenscheide und dem eingeschlossenen Perigon gefunden habe.

Erst am 1. September trat auch bei der zweiten Zwiebel der Blüthenkeim aus der Erde hervor, machte aber gleich anfangs (während der nächsten 12 Stunden) nur sehr geringe Fortschritte und schien dann ganz stille zu stehen. (Das Gefäss sammt den Versuchspflanzen wurde hierauf am 2. September bei der Übersiedlung nach Görz mitgenommen.)

Es scheint, dass die Blüthenscheide hiemit ihre normale Grösse erreicht hat, da sie eine ihrer natürlichen Entwicklung ganz entsprechende Länge und Form hatte. Ein Stillstand wäre sonst bei den nicht ungewöhnlichen Temperaturen, denen die Pflanzen vom 29. August bis 2. September ausgesetzt waren,

und bei dem Umstande, dass es der Erde im Gefässe an Feuchtigkeit nicht fehlte, kaum denkbar.

Anders verhält es sich mit dem Perigon. Dieses hatte noch nicht seine natürliche Grösse und den normalen Entwicklungsgrad erreicht. Da nun die Pflanzen gesund waren, wie es sich aus dem ganz gewöhnlichen Verlauf ihrer weiteren Entwicklung ergibt, so müssen wir annehmen, dass die viel zu niedrigen Temperaturen im Eiskeller vom 19. bis 29. August den Entwicklungsprocess des Perigons zum Stehen gebracht haben, ohne die Entwicklungsfähigkeit des letzteren aufzuheben. Wahrscheinlich bewirkten jene niedrigen Temperaturen auch eine dem Entwicklungsprocesse des Perigons nicht entsprechende Umwandlung der Bildungsstoffe, so dass diese nur nach längerer allmäliger Einwirkung günstigerer Wärmegrade ihren ursprünglichen Zustand wieder annehmen konnten.

Jedenfalls befolgt die Blüthenscheide hinsichtlich ihrer Wärmebedürfnisse ein anderes Gesetz als das Perigon. Die erstere vermag bei 5° noch zu wachsen, das Perigon bedarf aber entschieden höherer Wärmegrade.

Fünfter Versuch.

Um den Gang des Wachsthums, eigentlich der Streckung, bei verschiedenen Temperaturen und Lichtintensitäten während des Tages zu bestimmen, brachte ich die zum dritten Versuche benützten Pflanzen wieder in Anwendung. Die diesbezüglichen Messungen führte ich mittelst Application eines Millimeterstabes aus. Zu dem Behufe wurde das Gefäss mit den Pflanzen am 24. August um 11 Uhr Morgens auf die Sonne gestellt und daselbst (am Ganggeländer mit SW.-Lage) bis 6½ Uhr Abends bei voller Insolation behalten. Ich wollte vorläufig nur eine Pflanze, und zwar die in ihrer Entwicklung am weitesten vorgerückte, beobachten. Die Spitze der Blüthenknospe stand um 11 Uhr 5 Mm. über dem Niveau der Erde im Gefässe. Von 11 bis 2 Uhr nach Mittag wuchs der Keim um 1 Mm., von 2 bis 4 Uhr nach Mittag ebenfalls um 1 Mm. Um 2 Uhr war die Temperatur auf der Sonne 31°, um 3 Uhr 32½°. — Um 2 Uhr nach Mittag durchbrach das Perigon mit der Spitze die umhüllende Scheide. — Hier wurde die Beobachtung abgebrochen und des folgenden

Tages um 9 Uhr Morgens wieder aufgenommen. Das Gefäss stand an einer der Sonne zugänglichen Stelle am Ganggeländer und wurde nach Sonnenuntergang ins Zimmer gebracht, um des folgenden Tages wieder der Sonne ausgesetzt zu werden. So wurden folgende Streckungen der Blüthenknospe beobachtet:

Von					Längenzuwachs (in Millim.)	Temperatur der Erde im Gefässe	
9^h	a. m.	bis	$3^3/_4{}^h$	p. m.	4	31—36°	auf der Sonne
$3^3/_4{}^h$	p. m.	„	5^h	p. m.	0	36—40°	„ „ „
5^h	p. m.	„	10^h	p. m.	2	36—21°	im Zimmer
10^h	p. m.	„	9^h	a. m.	11	21—20°	„ „
9^h	a. m.	„	$10^1/_2{}^h$	a. m.	4	29—30°	auf der Sonne
$10^1/_2{}^h$	a. m.	„	$11^1/_4{}^h$	a. m.	2	$31^1/_2$°	„ „ „
$11^1/_4{}^h$	a. m.	„	$1^1/_2{}^h$	p. m.	$2^1/_2$*	36°	„ „ „
$1^1/_2{}^h$	p. m.	„	$3^3/_4{}^h$	p. m.	$1^1/_2$	40°	„ „ „

Nun wurde das Gefäss mit der Versuchspflanze ins Zimmer gebracht und hier in diffusem Lichte (während des Tages) bei 19—21° bis 28. August 3 Uhr nach Mittag behalten. In diesen $47^1/_4$ Stunden hatte die Blüthenknospe (eigentlich das Perigon) um 92 Mm. an Länge zugenommen. Während der ganzen 97stündigen Periode, also seit dem Momente, als das Perigon mit der Spitze aus der Blüthenscheide hervortrat, ist die Erde nicht befeuchtet worden.

Zwei andere Beobachtungsreihen stellte ich mittelst jener *Colchicum*-Pflanzen her, die ich zum vierten Versuche verwendet hatte und von denen sich in Görz bis zum 14. September drei Blüthen entfalteten. Am 6. September wurde die Erde, ungeachtet sie noch nicht ganz trocken war, befeuchtet, und am 8. September am frühen Morgen trat das durch so viele Tage sistirte Wachsthum der Blüthenknospen wieder in Gang. Die Beobachtungen begannen gleich um 9 Uhr Morgens und wurden auf zwei Pflanzen mit je einer Blüthenknospe ausgedehnt. Bei Exemplar

[1] Das Perigon ist mit seinem oberen tulpenförmigen Theile eben ganz aus der Scheide hervorgetreten. Seit dem 24. August nach Mittag wuchs die Blüthenscheide nicht mehr, und die folgenden Streckungen beziehen sich daher auf das Perigon.

Nr. 1 hatte vor Beginn der Messung der obere tulpenförmige Theil des Perigons bereits theilweise die Scheide verlassen; da diese letztere von da an nicht mehr wuchs, so gelten die beobachteten Streckungen dem Perigon.

Nr. 1.	Längenzuw. (in Millimtr.)	Temperatur
Von 9h a. m. bis 11h a. m.	1½	23°
„ 11h a. m. „ 1h 10′ p. m.	1	
„ 1h 10′ p. m. bis 3h 10′ p. m. . .	¾	26°
„ 3h 10′ p. m. „ 5h 10′ p. m. . .	½	
„ 5h 10′ p. m. „ 8h 10′ p. m. . .	¾	
„ 8h 10′ p. m. „ 10h 10′ p. m. . .	1⅕	21°

Anmerkungen. Die Pflanzen wurden im Schatten an einem Fenster mit NO-Lage gehalten und waren vor zu rascher Verdunstung geschützt. Die beigesetzten Temperaturen beziehen sich auf die nächste Umgebung des Gefässes zu Anfang der nebenstehenden Periode. — Das Wetter war trocken, die Tage schwül.

Am folgenden Tage (9. September) stand am Morgen schon der ganze obere tulpenförmige Theil des Perigons ausserhalb der Scheide.

Beim Exemplare Nr. 2 trat die Spitze des Perigons am 8. September um 8 Uhr Abends aus der Scheide hervor. Bald nach Beginn der Durchbrechung blieb diese letztere in ihrer Entwicklung stehen, und es konnten nun nach 2 Stunden auch bei Nr. 2 die Messungen begonnen werden. In nachstehender Zusammenstellung lasse ich die Resultate der fortgesetzten Messung und Beobachtung folgen:

	Längenzuw. (in Millimtr.) Nr. 1	Nr. 2	Temperatur
Von 10h 10′ p. m. bis 6h a. m. . .	9	7	21° um 10h
„ 6h a. m. bis 8h a. m.	3⅗	2	20 „ 6h
„ 8h a. m. „ 10h a. m.	3½	2	22 „ 8h
„ 10h a. m. „ 12h	4	1	25 „ 10h
„ 12h „ 2h p. m.	2½	2	26 „ 12h
„ 2h p. m. „ 4h p. m.	1⅖	1	27½ „ 2h
„ 4h p. m. „ 6h p. m.	2 3/10	1	29 „ 3h
„ 6h p. m. „ 8½h p. m. . .	2	½	(um 3h Max.)

Anmerkungen. Die Pflanzen wurden stets in diffusem Lichte (am Tage) gehalten. Seit Beginn der Messungen ist die Erde nicht befeuchtet worden. — Wetter fortan trocken; Himmel nicht ganz klar, der Tag jedoch schwül.

Bei Nr. 2 standen um $8^1/_2{}^h$ p. m. (9. Septemb.) die Perigonzipfel noch nicht ganz ausserhalb der Scheide; vom Exemplar Nr. 1 war aber zu dieser Zeit bereits ein grosser Theil der Perigonröhre sichtbar. Hiemit war indessen die Streckung noch nicht beendet, sie erreichte am folgenden Tage noch 1 Mm. durchschnittlich in der Stunde.

Es ist aus diesen Angaben nicht schwer zu ersehen, dass die jungen *Colchicum*-Blüthen in den Tagesstunden während der höchsten Temperaturen bedeutend langsamer wachsen als in den Nachtstunden und am Morgen bei tieferen Temperaturen. So lange das Perigon noch nicht den Culminationspunkt der grossen Periode [1], d. i. den Zeitpunkt seines raschesten Wachsthums (wie sich dieses unabhängig von den secundären Einwirkungen der Temperatur und des Lichtes gestaltet), überschritten hat, fällt das Minimum des beobachteten Wachsthums zwischen 5 und 7 Uhr Abends, erfolgt somit 2—4 Stunden später als das Maximum der Temperatur.

Bei älteren Knospen, wo das Perigon eben im Begriffe steht, sich zu entfalten, scheint dieses Minimum schon gegen 2 oder 3 Uhr nach Mittag einzutreten. Am raschesten habe ich unter sonst gleichen Verhältnissen das Wachsthum des Perigons in jener Entwicklungsperiode gefunden, welche mit dem Durchreissen der Blüthenscheide anhebt und mit dem Hervortreten des ganzen oberen, tulpenförmigen Perigontheiles endet. In dieses Stadium der Entwicklung fällt zugleich die Culmination der grossen Periode, indem gerade einige Zeit vor der beginnenden Evolution der Perigonröhre die Tendenz des Wachsthums am grössten ist.

Sechster Versuch.

Im vorigen Versuche habe ich das Verdunsten der Erde durch Aufstellen des Gefässes an einem windstillen, vor Luftzug geschützten Orte zu mässigen gesucht. Auf diese Art blieb die

---

[1] Man vergleiche die Angaben: „Über den Einfluss der Lufttemperatur und des Tageslichtes auf die stündlichen und täglichen Änderungen des Längenwachsthumes", von Dr. Jul. Sachs. (Arbeiten d. bot. Inst. in Würzburg. Leipzig, 1872) p. 101 u. 102.

Erde beständig feucht und brauchte wochenlang nicht begossen zu werden. Durch Befeuchtung der Erde am 8. und 9. September wäre, weil dies ohne Zweifel eine grössere oder kleinere Änderung des Wachthumsganges zur Folge gehabt hätte, manche störende Anomalie in die Beobachtungsreihen eingeführt worden, die so glücklich vermieden wurde.

Vom 8. bis 14. September kamen noch etliche Blüthenknospen zum Vorschein, die sich sämmtlich in gleicher Weise zu den Tageszeiten verhielten. Der Grund dieses Verhaltens ist in der Einwirkung der Temperatur oder in dem Einflusse des Lichtes, vielleicht auch in dem combinirten Einflusse beider Factoren zu suchen.

Die erste Frage, deren Beantwortung mit Hilfe eines Experimentes mir vor allem nöthig schien, richtete ich auf die Temperatur. Hiernach war zu untersuchen, ob die hohen Wärmegrade während des Tages (22—29°) dem Wachsthume der jungen Blüthe hinderlich, und die tieferen in der Nacht und bei Tagesanbruch (19—21°) demselben förderlich sind, oder ob die Wärmegrade von 19—29° auf den Gang des Wachsthums keinen wesentlichen Einfluss nehmen, worauf dann die Ursache obiger Erscheinungen in der Einwirkung verschiedener Lichtintensitäten allein zu suchen wäre.

Anstatt daher die Pflanzen während der Nacht aussen vor dem NO.-Fenster in freier Luft zu lassen, wo sie bei Tagesanbruch einer Temperatur von ungefähr 19° ausgesetzt gewesen wären, stellte ich sie um 7 Uhr Abends (9. September) in einen Schrein im Zimmer und behielt sie darin bis 6 Uhr Morgens. Der Schrein konnte, obschon geschlossen, durch mehrere Fugen hinlänglich viel Luft einlassen. Den Tag über stand darin schon seit einer Woche die Temperatur constant auf 25° und sank in der Nacht bis Tagesanbruch auf 23°.

Um die Temperatur etwas zu erhöhen, wurde um 10 Uhr Abends ein etwa $1^1/_2$ Kilogramm schweres Eisenstück mässig erwärmt und in Tücher gehüllt, zu dem Gefässe mit den Pflanzen im Kasten gelegt (in eine Distanz von etwa 10—12 Cm). Hierdurch stieg aber die Temperatur nur um $1^1/_4$°; dem entsprechend schwankte sie nun von 7 Uhr Abends bis 6 Uhr Morgens zwischen $26^1/_4$ und $24^1/_4$°.

Während nun nach den Ergebnissen des vorigen Versuches für die Pflanze Nr. 1, da das Perigon in seiner Entwicklung kaum die Culmination der grossen Periode überschritten hatte, von $8^1/_2{}^h$ p. m. bis 6^h a. m. ein Zuwachs von mindestens $1^1/_5$ Mm. in der Stunde erwartet werden durfte, betrug dieser Zuwachs im Ganzen nur 8 Mm., woraus sich nur 0·84 Mm. für die Stunde ergibt. Ebenso war der gesammte Zuwachs der Pflanze Nr. 2, die etwas jünger war, aber nahe vor der Culmination der grossen Periode stand, in derselben Zeit nur $2^1/_2$ Mm., was nicht einmal $^1/_4$ Mm. für die Stunde ausmacht.

Und doch war der Zustand beider Pflanzen am Morgen, wenigstens äusserlich, ganz normal. Die ältere Blüthenknospe (Nr. 1) war in der Nacht schön rosenroth geworden, die andere blieb jedoch blass, und ihr oberer tulpenförmiger Theil hatte die Scheide noch nicht ganz verlassen.

Um die Bedeutung und den Werth dieser Daten entsprechend beurtheilen zu können, vergleiche man die unmittelbar vorausgegangenen Zuwachse mit dem unmittelbar nachfolgenden Wachsthumsgange:

10. September	Längenzuw. (in Millimtr.) Nr. 1	Nr. 2	Temperatur
Von 6^h a. m. bis 8^h a. m. ..	2	2	20° um 6^h a. m.
„ 8^h a. m. „ 10^h a. m. ..	2	2	$22^1/_2$° „ 8^h a. m.
„ 10^h a. m. „ 8^h p. m. ..	11	17	$27^1/_2$° „ 3^h p. m.
„ 8^h p. m. „ $7^1/_2{}^h$ a. m..	23	25	$20^3/_4$° „ $7^1/_2{}^h$ a. m.

Anmerkungen. Die Versuchspflanzen standen in diffusem Licht (am Tage), theils am NO-Fenster, theils am Geländer mit SW-Lage. — Himmel ganz heiter.

Aus diesen Thatsachen glaube ich mit Nothwendigkeit folgern zu müssen, dass das Optimum für die Entwicklung der *Colchicum*-Blüthe unter dem 26. Wärmegrade liegt, und da ich sonst auch bei 20° und 29° zu wiederholten Malen für gleiche Entwicklungsstadien der Blüthenknospen sehr abweichende Wachsthumsgeschwindigkeiten gefunden habe, so liegt das Optimum jedenfalls näher bei 20° als bei 29°. Die grössten beobachteten (im Einzelnen nicht angeführten) Geschwindigkeiten haben bei 19° stattgefunden.

Bei älteren schon gefärbten Blüthen (Blüthenknospen) wirken höhere Temperaturen, wie es scheint, weniger verzögernd als bei jüngeren noch ungefärbten. Der Versuch, der mich zu dieser Ansicht veranlasst hatte, wurde am 14. und 15. September mit anderen Exemplaren wiederholt und führte zu gleichen Resultaten.

Es ist also die zu hohe Temperatur (36—40°) wenigstens eine der Ursachen, warum in der ersten Beobachtungsreihe von $3\frac{1}{4}^h$ p. m. bis 5^h p. m. auf der Sonne kein Zuwachs nachgewiesen werden konnte, und dass der Zuwachs in der zweiten und dritten gegen Abend so klein ausfiel. Auf Grund dieser Beobachtungsreihen und der soeben angeführten Thatsachen dürfen wir mit Bestimmtheit annehmen, dass die junge *Colchicum*-Blüthe, wenn sie noch ungefärbt ist, nach längerer Einwirkung einer Temperatur von 30° nicht mehr wächst (ohne jedoch dadurch etwas von ihrer Entwicklungsfähigkeit zu verlieren) und Temperaturen über 19 oder 20° den Wachsthumsvorgang um so weniger begünstigen, je mehr sich der Wärmegrad jenem Maximum nähert.

Siebenter Versuch.

Obschon nun nach dem Vorstehenden erwiesen ist, dass Temperaturen über 19 oder 20° den Wachsthumsgang der *Colchicum*-Blüthe um so weniger begünstigen, je mehr sie sich dem Maximum bei 30° nähern, so ist es dennoch nicht unwahrscheinlich, dass auch das Licht an den obigen Resultaten einen gewissen Antheil hat. Allein diesen Antheil, der jedenfalls sehr klein sein muss, durch Messung direct zu bestimmen, schien mir vorläufig unmöglich, da ich kein Mittel kenne, um der grossen Periode, welche zwar einen gesetzmässigen, für uns aber jetzt noch unberechenbaren Verlauf hat, auszuweichen und noch andere störende Einflüsse, wie z. B. die unausbleiblichen, wenn auch unbedeutenden Oscillationen des Wachsthums zu beseitigen.

Ich beschränkte mich daher zunächst auf eine Feststellung der Reactionen des Lichtes und suchte aus diesen auf eine beschleunigende oder verzögernde Rückwirkung auf die Vorgänge des Wachsthums zu schliessen.

Eine Blüthenknospe, welche am 24. und 25. August am SW-Geländer meiner Wohnung in Krainburg von 9 Uhr Morgens bis 6 Uhr Abends einer vollen Insolation ausgesetzt worden war und deren oberer tulpenförmiger Theil, der bereits aus der schlauchförmigen Scheide ganz hervorgetreten war und eine rosenrothe Farbe angenommen hatte, wurde am 26. August in ein Zimmer mit 19—21° gebracht und auf einen Tisch hingestellt, so dass die Pflanze von einem Fenster her, welches halb offen war, diffuses, ziemlich gedämpftes Licht empfing.

Im Laufe der nächsten zwei Tage streckte sich die Perigonröhre um mehrere Centimeter und die Pflanze wuchs gerade aufrecht. Bald hierauf aber bemerkte ich, dass sich ihr oberer Theil nach und nach ziemlich wahrnehmbar gegen das Fenster, durch welches das Licht eintrat, hinneigte. Die Krümmung der Perigonröhre änderte sich während des Tages, so dass diese endlich ein nahezu spiraliges Ansehen bekam. Doch wollte es mir nicht gelingen, eine bestimmte Beziehung dieser Krümmung oder Torsion zum Stande der Sonne oder zur Tageszeit zu finden.

Durch 5 Tage nahm die Perigonröhre beständig an Länge zu, ohne dass eine völlige Entfaltung der Blüthe, d. i. ein Auseinandergehen der Perigonblätter, erfolgte. Als aber am 31. Aug. gegen 11 Uhr die Pflanze auf die Sonne gebracht wurde, öffnete sich schon nach 2 Stunden das Perigon vollständig, um sich bei eintretendem Abenddunkel wieder zu schliessen; sobald die Pflanze am folgenden Tage Morgens wieder von der Sonne beschienen wurde, öffnete sich die Blüthe von Neuem.

Es wurde hiebei auch die Wahrnehmung gemacht, dass sich jene Perigonblätter zuerst ausbreiten, welche auf der stärker beleuchteten Seite liegen. Überdies krümmte sich die Perigonröhre im Laufe des Tages, und nun konnte ich mit Bestimmtheit sehen, dass sich das Perigon dem stärkeren Lichte, beziehungsweise der stärker beleuchteten Mauerwand zuneigte. War die flachere Seite der Röhre gegen das stärkere Licht gewendet, so war die Neigung direct, im Übrigen schien es, als ob die Richtung der Blüthe die Resultirende zwischen einer vom stärkeren Lichte ausgehenden Anziehung und einer der Drehung widerstehenden Festigkeit wäre. Auf diese Weise machte die Perigonröhre während des Tages eine zwar sehr langsame, aber stets leicht nach-

nweisende Krümmung, Drehung oder, je nach Umständen, auch Spiralbewegung.

Durch diesen und andere ähnliche Versuche habe ich mich schliesslich auch überzeugt, dass sich das Perigon nur durch Einwirkung des Lichtes röthlich färbt; eine 3—5stündige Besonnung des jungen, noch ganz ungefärbten Perigons genügt indessen zur Erzeugung eines schwachen rosenrothen Anfluges. Die Färbung kann auch im Dunkel stattfinden, wenn einige Stunden vorher volles Sonnenlicht auf die Pflanze eingewirkt hatte. Temperaturen zwischen 24 und 35° sind der Färbung der Blüthe besonders günstig, doch sah ich sie bisweilen auch bei 19—21° in der Nacht, nach mehrstündiger Besonnung am vorhergehenden Tage, roth werden. Eine vollständige Entfaltung, d. i. Ausbreitung der Perigonblätter ist nur bei voller Insolation gesehen worden.

Bei mangelndem Lichte etiolirt die Blüthe, indem die Perigonröhre unverhältnissmässig lang wird, während der obere tulpenförmige Theil niemals seine normale Grösse und Ausbildung erlangt. Ob das Perigon, nachdem es im Lichte roth geworden ist, im Dunkel weiter wächst, kann ich nach den wenigen Erfahrungen, die ich darüber im vergangenen Sommer gesammelt habe, weder behaupten, noch in Abrede stellen. So viel doch lässt sich sagen, dass das Licht der Tendenz nach Streckung unmittelbar und unmittelbar entgegenwirkt, indem die in vollem Lichte gewachsenen Blüthen stets sehr niedrig bleiben.

Achter Versuch.

Im vorigen Versuche haben wir gesehen, wie volles Sonnenlicht das Reifwerden der *Colchicum*-Blüthe beschleunigt, den Vegetationsprocess also abkürzt. Um nun auch zu erfahren, wie schwächeres Licht auf die Pflanze wirkt, wenn diese bis dahin im Schatten, überhaupt in schwachem diffusem Lichte gewachsen ist, stellte ich gegen Ende August eine Blüthenknospe, die sich eben mit ihrem tulpenförmigen Theile aus der Scheide emporarbeitete, und die noch nicht auf der Sonne gewesen war, unter den Ofen im Hintergrunde des Zimmers und brachte vorn einen Schirm aus dunklem Papier mit einer engen verticalen Spalte so an, dass ein etwas gedämpftes Licht vom gegenüberliegenden

Fenster aus zu der etliche Centimeter hinter der Spalte befindlichen Blüthenknospe gelangte, wodurch dieselbe vorn schwach beleuchtet wurde, hinten aber ganz dunkel blieb.

Nichtsdestoweniger wuchs die Blüthe ganz aufrecht und zeigte nach keiner Seite hin eine Neigung; die Perigonröhre blieb gerade und erreichte in 3 Tagen eine enorme Länge, ohne dass sich der obere Theil des Perigons färbte oder an Grösse zunahm (die Blüthe etiolirte). Während dieser Zeit war die Temperatur im Zimmer 18—19½°.

Nachdem nun die Pflanze 4 Tage lang in dieser Lage geblieben war, stellte ich sie auf die Sonne, und siehe, sie krümmte sich schon nach Verlauf von 3 Stunden nach der stärker beleuchteten Seite und machte nach und nach jene oben bezeichneten Drehungen, noch bevor sich der charakteristische rosenrothe Anflug an den Perigonblättern eingestellt hatte.

Aus diesen Thatsachen entnehme ich, dass eine junge *Colchicum*-Blüthe, wenn sie nicht vorher wenigstens einige Stunden lang einem stärkeren Lichte ausgesetzt gewesen ist, für ein so schwaches Licht, wie es bei diesem Versuche auf die Pflanze geleitet wurde, nicht empfänglich ist. In jedem anderen Falle wäre bei obiger Temperatur, wie mich zahlreiche Beobachtungen während des vorigen Versuches (und auch spätere Erfahrungen) lehrten, auch dieses schwache Licht nicht ohne Wirkung geblieben.

Ob nun die vorliegenden Erscheinungen auf einer blossen Krümmung oder auch, wie es häufig der Fall ist, auf einer Drehung der Perigonröhre beruhen, so denke ich, dass man sich beides ebensowohl durch eine mechanische Biegung als auch durch eine relative Verkürzung der Gewebeschichten auf der concaven, d. i. dem stärkeren Lichte zugewendeten Seite, und entsprechende Verlängerung auf der entgegengesetzten erklären könnte. Da aber hier von keiner mechanischen Druck- oder Zugkraft, durch deren einfache Wirkung auf die Spitze der Blüthe eine wirkliche Biegung der Perigonröhre erfolgen müsste, die Rede sein kann, so dürften wir uns die Ursache jener Krümmung nach dem Lichte höchstens noch als Summe unzähliger Anziehungskräfte denken, welche, vom Lichte ausgehend, auf die jungen noch verschiebbaren Elementartheilchen und plastischen

Stoffe der Blüthenknospe wirken. Solche Kräfte würden allerdings ähnliche Erscheinungen hervorbringen wie die erwähnten heliotropischen Krümmungen; wir haben aber keinen Grund, dem Lichte eine solche mechanische Anziehungskraft zuzuschreiben.

Für die geotropische Aufwärtskrümmung horizontal gelegter Sprosse hat Sachs die nächste mechanische Ursache in einem verschiedenen Längenwachsthum der gleichnamigen Gewebeschichten der Ober- und Unterseite gefunden[1]. Auch die heliotropische Krümmung wäre nach dem Obigen durch eine ähnliche Annahme am natürlichsten erklärt[2].

Neunter Versuch.

Zur Beurtheilung der geotropischen Krümmung in Verbindung mit dem Heliotropismus stellte ich den 11. September das Gefäss mit den darin wachsenden *Colchicum*-Pflanzen, welche längere Zeit in zerstreutem, aber hellem Lichte gestanden sind (volles Sonnenlicht war nur einigemale auf sehr kurze Zeit auf sie gefallen), auf das NO-Fenster eines halbdunklen Kellers horizontal und zwar so, dass die Blüthen mit ihren Spitzen gegen den dunklen Raum des Kellers gewendet waren. Eine Blüthe war rosenroth gefärbt und vollkommen entwickelt, zwei andere waren jünger und noch ungefärbt.

Schon in 5 Stunden war eine sehr beträchtliche bogenförmige Aufwärtskrümmung an die Stelle der früheren horizontalen Richtung getreten: dieselbe entsprach ungefähr einem Viertelkreise und war bei allen drei Blüthen nahezu gleich.

Nun befestigte ich das Gefäss über einer Stiege, welche zu einer dunklen Scheune führte, derart horizontal, dass die nach aufwärts gekrümmten Blüthen mit ihren Spitzen in den dunklen Raum hinaufragten, während ihre untere Seite durch die von unten einfallenden (diffusen) Lichtstrahlen ziemlich intensiv beleuchtet wurden.

Das Ergebniss dieses Versuches bestand nun in folgenden Thatsachen. Die ältere geschlechtsreife Blüthe behielt ihre Rich-

[1] Arbeiten des bot. Inst. in Würzburg. Leipzig, 1872. p. 193—208.

[2] Man vergl. Sachs, Lehrb. der Botanik, III. Aufl. p. 742—748.

tung 3 Tage lang bei, erst am vierten Tage schien sie sich gegen das einfallende Licht zu neigen. Hingegen krümmten sich die beiden anderen jüngeren Blüthen schon am folgenden Tage allmälig herab und bildeten in zwei Tagen eine merkliche Concavität gegen das hellere Licht.

Während dieses 72stündigen Versuches waren noch vier andere Blüthen hervorgesprossen, aber alle vier wuchsen, ungeachtet das Gefäss horizontal lag und das Licht von unten auffiel, lange Zeit mit einer starken Krümmung nach aufwärts gegen den dunklen Raum und es schien das Licht sie nicht im mindesten zu afficiren. Erst nach 40—50 Stunden wurde eine gerade Streckung bemerkt, die allmälig in eine schwache Concavität nach unten umschlug, woraus deutlich zu ersehen ist, dass der Heliotropismus hier im Ganzen schwächer ist als die geotropische Spannung (geotropische Tendenz). In den jüngeren Stadien des Perigons tritt der Geotropismus mit grösserer Energie auf als der Heliotropismus und nimmt im Allgemeinen mit dem Alter der Blüthe ab. Der Heliotropismus scheint hingegen, wenn ich gewisse Einzelnheiten dieses und des vorigen Versuches richtig verstanden habe, an keine bestimmte Altersstufe der Blüthe gebunden zu sein. Zu jeder Zeit bewirkt das Licht jene oben erwähnten Krümmungen, kürzt den Wachsthumsprocess ab und beschleunigt die Geschlechtsreife der Blüthe.

Zehnter Versuch.

Am 20. Mai (1872) hatte ich sechs *Colchicum*-Pflanzen an der oben (im ersten Versuch) bezeichneten Stelle nächst Krainburg ausgegraben. Sie waren in der vollsten Vegetation; die neue Zwiebel war kaum erst als eine etwas bemerkbare (nicht ganz bauchige) Anschwellung des mit Blattscheiden umgebenen Basaltheiles der vegetirenden Axe zu sehen. Allein ungeachtet ich beim Herausnehmen der Pflanzen aus der Erde jede Beschädigung der Wurzeln sorgsam zu verhüten suchte, so war doch ein Abreissen der feinsten Wurzelfasern nicht ganz zu vermeiden.

Ich setzte die heimgebrachten Pflanzen in einen Blumentopf, der mit gewöhnlicher Gartenerde gefüllt war, in eine Tiefe, wie sie dem natürlichen Vorkommen im Freien entspricht, und hielt die Erde beständig feucht. Der Blumentopf blieb fortan im

Schatten, an einer Stelle, deren Temperatur im Sommer während des Tages zwischen 20 und 27° variirte.

Doch schon in 5 Tagen waren die Blätter gelb geworden und bis 28. Mai waren sie ganz vertrocknet.

Zu Anfang des Monats Juli wurden die Zwiebeln herausgenommen und besichtiget; es zeigte sich, dass sie beträchtlich an Grösse zugenommen hatten, während die Blüthenknospen kaum grösser geworden sind. Auch später im Laufe des Sommers machten die letzteren nur sehr geringe Fortschritte. Während des Monates August sind die Pflanzen nicht näher untersucht worden; sie blieben, obschon für hinreichende Feuchtigkeit gesorgt wurde, im Übrigen unbeachtet bis Ende September.

Da bemerkte ich mit Ende des genannten Monates, dass sich zwei Blüthenkeime erhoben; in wenigen Tagen haben sie eine Höhe von 3—4 Cm. über dem Niveau der Erde im Blumentopfe erreicht und bald darauf sprosste ihnen noch ein dritter Keim nach, der aber, als er die Oberfläche erreicht hatte, nicht mehr wuchs. Die zwei ersteren Keime liessen aber in der hohlen schlauchförmigen Blüthenscheide kein Perigon durchschimmern, während die Blüthenscheide des letzteren Keimes einen opaken dunkelgrünen Körper einzuschliessen schien.

Vom 3. October an konnte ich bei keiner dieser Knospen einen Fortschritt bemerken, und da ich vermuthete, dass wegen der bedeutenden Depression der Temperatur gegen Ende des Septembers[1] ein permanenter Stillstand des Wachsthums eingetreten sein konnte, so exponirte ich die Pflanzen durch 4 Tage den Sonnenstrahlen, wodurch sie im Ganzen durch 24 Stunden eine Temperatur von 26—28° und etliche Stunden 30—32° empfingen. Doch hatte diese Erhöhung der Temperatur noch immer keinen wahrnehmbaren Fortschritt der Blüthenknospen zur Folge, und ebenso wenig wollten diese während der nächsten 10 Tage, wo die Temperatur bei anhaltendem lauem Wetter beständig auf 15—16° stand, ein Lebenszeichen von sich geben.

Da nahm ich am 14. October die Zwiebeln aus der Erde; sie zeigten sich ganz gesund und besassen ein sehr verfilztes

[1] Am 22. September betrug die Temperatur am Morgen in der Nähe der Versuchspflanzen +3° und am 28. September +1°.

Wurzelgeflecht, aber ohne frische functionirende Würzelchen. Drei wurden in den früheren Blumentopf zurückversetzt, drei andere verpflanzte ich in ein kleineres Gefäss aus Glas, was ohne eine merkliche Beschädigung der Wurzeln geschehen konnte.

Bei allen war die Blüthenscheide normal entwickelt, allein da das Perigon gänzlich zurückgeblieben war, so stand sie leer und glich einem etwas zusammengedrückten Schlauche. Nur eine Blüthenknospe machte davon eine Ausnahme; doch wollte ich den Inhalt der Scheide, da ich eine Beschädigung fürchtete, vorläufig nicht untersuchen.

Das eine Gefäss wurde nun in ein geheiztes Zimmer gebracht und daselbst bei 20—21° gehalten, das andere stellte ich auf den Ofen desselben Zimmers, und zwar auf ein Gesimse, so dass die Pflanzen, indem zweimal des Tages geheizt wurde, täglich zweimal den Temperaturgang von 21—30° zu ertragen hatten.

Nun wurde zwar durch diese Behandlung das sistirte Wachsthum wieder in Gang gesetzt, dieses ging aber so langsam vor sich, dass in 14 Tagen das junge Perigon kaum um 15 Mm. gewachsen ist. Merkwürdig genug, alle sechs Blüthenknospen (eigentlich Perigonknospen, denn die Scheiden hatten längst ihre völlige Ausbildung erlangt) zeigten fast ein gleiches Wachsthum, etwa 0·04 Mm. in der Stunde, obgleich die Behandlung der Pflanzen in beiden Gefässen bezüglich der Temperatur eine sehr verschiedene war. Dieses langsame Wachsthum contrastirt auffallend gegen die sonst so rasche Entwicklung des Perigons auf jener Altersstufe, wo die umhüllende Scheide eben ihre völlige Ausbildung erlangt hat und einige Zeit unmittelbar nach dieser Periode, was uns übrigens nicht wundern darf, wenn wir erwägen, dass die Blüthenknospen im vorliegenden Falle unter ganz ungewöhnlichen Verhältnissen aufgewachsen sind.

Als nämlich die *Colchicum*-Zwiebeln am 20. Mai ausgegraben wurden, hatten die Blätter und Wurzeln kaum zur Hälfte ihre Aufgabe erfüllt; die Assimilation wurde mitten in ihrem Gange unterbrochen, und da die Blätter bald abwelkten, so konnten die vor Ende Mai in den Zwiebeln deponirten Bildungsstoffe, von denen sich der grösste Theil aus dem Inhalt der rasch

und vor der Zeit geschwundenen Blätter zusammensetzte, wohl kaum die für den folgenden Entwicklungsprocess erforderliche Reife erlangt haben; das Perigon blieb darum fortan verkümmert, und als wollte die Pflanze gleichsam den durch die unterbrochene Assimilation erlittenen Verlust wieder ersetzen, ging sie nun mit der Entwicklung der Blüthe nicht weiter, sondern kehrte gleich nach der Entfaltung der Blüthenscheiden um. Denn ich fand das junge, übrigens in seiner Volumentwicklung sehr zurückgebliebene Perigon bei allen sechs Pflanzen vollkommen grün. Bei fünf Pflanzen steckte es tief in der Röhre der Blüthenscheide, und es war mir dadurch möglich, den Gang des Wachsthums von aussen zu verfolgen, dass die fast ungefärbte Blüthenscheide den Inhalt durchschimmern liess. Um aber denselben genauer sehen zu können, war es nöthig, die Scheide zu durchreissen, was ich in der Folge auch that. Nur bei einer Pflanze hatte das Perigon diese selbst durchbrochen.

Wenn wir nun den ganzen Entwicklungsgang der Herbstzeitlose überblicken und dabei die Erlangung der Geschlechtsreife der Blüthe als den Gipfelpunkt ihres Lebens betrachten, indem wir alle anderen Functionen des Organismus gleichsam diesem Ziele unterordnen (eine allerdings willkürliche Auffassung des Geschlechtswesens der Pflanze), so müssen wir im Lebenskreise der Herbstzeitlose folgende drei Perioden unterscheiden:

I. Periode der Blattbildung und Assimilation durch die Blätter. Diese Periode beginnt im Herbste gleich mit dem Abwelken der Blüthen. Es bildet sich zu dieser Zeit die Blattknospe, welche das befruchtete Ovarium einschliesst und ihre Blätter im folgenden Frühjahre entfalten soll, weiter aus Auch wird zugleich die neue Blüthenknospe für den nächsten Sommer angesetzt. Die Periode dauert bis zum Abwelken der Blätter gegen Ende des Monates Juni (20—30. Juni).

II. Periode des (scheinbaren) Stillstandes. Sie beginnt mit dem Abwelken der Blätter gegen Ende Juni und dauert bis zur beginnenden Bildung von Wurzeln an der jungen Zwiebel, welche die Blüthenknospe trägt. In dieser und in der vorhergehenden Periode wächst die Blüthenknospe überaus langsam.

III. Periode der Blüthenentwicklung. Diese beginnt mit der Wurzelbildung (gegen Ende des Monates Juli) und fast gleichzeitigen Durchbrechung der innersten Blüthenscheide, welche die Perigonanlage einschliesst und endet mit der völligen Entfaltung und Geschlechtsreife des Perigons. Die Dauer dieses Abschnittes beträgt nicht mehr als einen halben Monat. So lange die Wurzeln in ihrer wesentlichen Entwicklung begriffen sind, wachsen Blüthenscheide und Perigon gleichmässig, ist aber das Wurzelsystem einmal ausgebildet, so hört die Scheide zu wachsen auf, und nun tritt das bisher eingeschlossene Perigon aus seiner Wiege hervor und erhebt sich mit überraschender Schnelligkeit.

Bei Görz entfaltete *Colchicum auct.* diesen Sommer (1872) gegen die Mitte des Monates August, also ungefähr zu derselben Zeit wie in der Umgebung von Krainburg, seine ersten Blüthen. Die Localität, wo ich die Pflanze am frühesten in voller Evolution gefunden habe, ist, bei geringer Neigung gegen NO, halbsonnig gelegen und mit einem Gehölz von edlen Kastanien bewachsen, an welches sich Rebenpflanzungen anschliessen, in deren Mitte einzelne Öl- und Feigenbäume vortrefflich gedeihen.

Nun besitzt aber die Umgebung von Krainburg bei kaum +9° mittl. Jahrestemperatur einen bedeutend kühleren Sommer, indem daselbst die Temperatur an den heissesten Tagen in Wohnzimmern gegen NO höchstens 25° und in den Räumlichkeiten zu ebener Erde höchstens 22° erreicht.

Pflanzen, welche hier zu Anfang des Monats April zu blühen anfangen, sind bei Görz bereits gegen Ende Februar zur Blüthe gelangt. Aber in dieser in klimatischer Beziehung so abweichenden Gegend scheint die Herbstzeitlose sonderbarerweise gegen die Temperatursunterschiede des Bodens noch weniger empfindlich zu sein; ihre Gleichgiltigkeit gegen Kalt und Warm ging so weit, dass sie an der Nordseite der Hügel und Berge nahe zu derselben Zeit ihre Blüthen entfaltet hat wie an der Südseite (in gleicher Höhe) und an den schattigsten Orten fast gleichzeitig wie an den sonnigsten Stellen; wenigstens konnte ich nicht einmal eine Differenz von 3 Tagen constatiren.

Einem solchen Verhalten zufolge sollte man glauben, dass die *Colchicum*-Blüthe in den kälteren Klimaten überall, so weit die Pflanze überhaupt vorkommt, im Laufe des Sommers zur vollständigen Entwicklung gelangen müsse. Dem ist aber nicht so; nach einer freundlichen Mittheilung des Herrn Karl Fritsch wird z. B. die Herbstzeitlose auf der 1878 Met. hohen Station Gurgl in Tirol regelmässig in der Frühlingsblüthe beobachtet. Mir ist bis jetzt nichts Näheres darüber bekannt, halte aber dafür, dass diese Frühlingsblüthe in jene Kategorie von Erscheinungen gehört, welche bei der Herbstzeitlose insgesammt als zweite oder secundäre Blüthe bezeichnet werden.

Nach übereinstimmenden Angaben verschiedener Beobachter kommt es nämlich im März oder April bei unserer Pflanze bisweilen wirklich zu einer Blüthe, und diese hat sogar zur Aufstellung einer eigenen Varietät die Veranlassung gegeben. Indessen sind solche jedenfalls nur als verspätete Blüthen anzusehen, und da sie mehr oder weniger ein abnormes (verkümmertes) Aussehen haben, und ganz oder doch an der Spitze der Perigonblätter grün sind, so können wir nicht umhin, sie mit den im 10. Versuch beschriebenen Erscheinungen im ursächlichen Zusammenhang zu bringen, indem wir annehmen, dass die Bildungsstoffe, welche im Sommer durch die assimilirende Thätigkeit der Blätter erzeugt werden, sei es wegen vorzeitiger Unterbrechung der Assimilation oder wegen zu niedriger Temperaturen die erforderliche Reife nicht erlangt haben.

An dem Wärmebedürfnisse der Blüthenknospe selbst ist es hier nicht gelegen, denn schon eine Temperatur von 11—15° würde zur Entwicklung der Blüthe hinreichen (ob diese bei so niedrigen Wärmegraden auch geschlechtsreif wird, ist noch nicht erwiesen), und diese Temperatur steht in der Höhe von 1878 M. im Sommer der Pflanze sicher zu Gebote. Auch finde ich es damit in vollkommenem Einklang, dass ich die Herbstzeitlose bei Görz noch nie im Frühjahre blühend gesehen habe, ungeachtet ich deren Entwicklung im Sommer und Frühjahre seit vielen Jahren mit Aufmerksamkeit verfolge. Dort hat die Pflanze in den Monaten April, Mai und Juni an Wärme Überfluss; es kann sich nicht einmal in den kühlsten Jahren ereignen, dass die Zwiebeln mit Ende des Sommers unreif bleiben oder die Blätter

wegen Kälte ihre Functionen zu früh einstellen müssten. Es wird daher auf die Dauer der Assimilation und die während derselben herrschenden Temperaturen im Frühjahre oder Sommer ankommen. Da aber eine durch zu geringe Intensität nicht ausreichende Temperatur durch längere Dauer bis zu einem gewissen Grade ersetzt werden kann, wie auch umgekehrt eine höhere Temperatur den Assimilationsprocess beschleunigt und die Assimilationsperiode abkürzt; so werden wir schon aus dieser Andeutung jene nahezu paradoxe Erscheinung der gleichzeitigen oder fast gleichzeitigen Blüthe der Herbstzeitlose unter so verschiedenen klimatischen Verhältnissen nicht unbegreiflich finden.

Denn nehmen wir nach dem Obigen (sechsten Versuch) an, dass sich die Blüthenknospe bei 18—20° am schleunigsten entwickelt, bei einer Temperatur also wie sie in einer gewissen Region in circa 15 Ctm. Tiefe des Bodens von Mitte Juli bis Mitte August durchschnittlich vorherrscht, so kann die Blüthe daselbst am frühesten, etwa in der ersten Hälfte des August, zum Vorschein kommen; in allen wärmeren und in allen kälteren Gegenden und Örtlichkeiten hingegen müsste sie später zur Entwicklung gelangen. Allein in den wärmeren Gegenden und an den wärmeren Örtlichkeiten überhaupt hört der Assimilationsprocess früher auf, und die Blüthenknospe kann sich daher um so früher weiter zu entwickeln beginnen, je wärmer die Stelle ist, da die Molecularkräfte nach beendeter Assimilation dem Processe der Blüthenbildung dienstbar werden. Auf diese Weise mag wohl jene Gleichzeitigkeit der Blüthe für Görz und Krainburg und für die klimatisch verschiedensten Localitäten in der Umgebung von Krainburg auf einer Compensation zwischen Temperatur und Entwicklungsdauer beruhen.

Nun müsste aber die Pflanze unserer Voraussetzung gemäss in allen Gegenden, deren Wärmeverhältnisse den oben bezeichneten Grad nicht erreichen, ihre Blüthen auch später entfalten. und da in diesem Falle natürlich keine Compensation denkbar ist, so sollten wir *Colch. auct.* unter solchen Verhältnissen im September oder gar erst im October zur Blüthe gelangen sehen.

Solche Örtlichkeiten wären aber nur im hohen Norden oder in den Alpen zu suchen, in Regionen bereits, wo die Sommerwärme zur Zeitigung der in den Blättern und durch dieselben

erzeugten Bildungsstoffe nicht mehr ausreicht und wo die aus unreifen Reservestoffen hervorgegangenen (mehr oder weniger abnormen) Blüthen ihres viel zu langsamen Wachsthums wegen nicht im Laufe desselben Sommers oder Herbstes zum Vorschein kommen können. Es wurde bereits im zehnten Versuch darauf hingewiesen, dass solche abnorme Blüthen in ihrem Entwicklungsgange von den normalen völlig abweichen.

Mit Bestimmtheit lässt sich sagen, dass *Colchicum* in der Bergregion unserer Breiten die zur Bildung und Entwicklung der Blüthe mittelbar oder unmittelbar erforderliche Wärmemenge vorfindet. Am 27. August des vorigen Jahres fand ich z. B. in der Gebirgsgegend von Tarvis in Kärnten alle Wiesen bei 900—1000 Mtr. Seehöhe mit unzähligen *Colchicum*-Blüthen übersäet. Im Jahre 1868 ist die Pflanze in der unteren Fichtenregion der Karpathen (bei 1000 Mtr.) sogar schon am 28. Juli blühend angetroffen worden [1].

Im Laufe der gegenwärtigen Untersuchungen haben wir Temperatureinwirkungen kennen gelernt, die (sofort und unmittelbar) weder eine messbare Volumvergrösserung noch eine bemerkbare Massenzunahme zur Folge haben. Während der Periode des (scheinbaren) Stillstandes kann man an der Blüthenknospe kaum ein angebbares Wachsthum nachweisen. Wenn einmal die Wurzeln und Blätter abgestorben sind, scheint, wenigstens in den folgenden zwei Wochen, die Pflanze keiner Lebensäusserung mehr fähig zu sein: es schlummern die Kräfte, die wir im Frühjahre an der raschen Entwicklung der Blätter und der jungen Frucht in so wundervoller Thätigkeit wirken sahen.

Gleichwohl ist es nicht denkbar, dass die in dieser Zeit der Pflanze zugekommene Wärme wirkungslos geblieben wäre. Denn, da jener (scheinbare) Stillstand bei allen Temperaturen, welche überhaupt den Organismus der Pflanze nicht direct angreifen oder schädigen, stattfindet, und wir damals auch bei den günstigsten Wärmegraden eine deutliche Spur des Wachsthums nicht wahrnehmen, eine Unthätigkeit der Molecular-Bestandtheile des Organismus aber, so lange diese in normalem Verbande mit ein-

[1] Karpathen-Reise von R. Fritze und Dr. H. Ilse. Verhandl. der k. k. zool. botan. Gesellsch. in Wien, 1870.

ander stehen, gegen das allgemeinste Naturgesetz verstossen würde: so sind wir genöthigt, in der sogenannten Stillstandsperiode eine Thätigkeit der Molecularkräfte anzunehmen, die sich im Innersten des Organismus, in der Masse der scheinbar ruhenden Reservestoffe, auf unsichtbare Weise vollzieht, indem diese letzteren eine langsame Umwandlung oder Metamorphose erfahren, wesshalb es auch nicht immer passend wäre, die Temperaturen zwischen dem Optimum und Maximum im eigentlichen Sinne des Wortes als schädlich zu bezeichnen.

Für den Fortgang ähnlicher Untersuchungen wird es unumgänglich nothwendig sein, solche (wir können sie nach ihrer Wirkung nennen) zeitigende Temperaturen von denjenigen zu unterscheiden, welche unmittelbar eine Zunahme des Wachsthums oder die Einleitung des Wachsthums überhaupt zur Folge haben, und die wir anregende Temperaturen nennen wollen.

Die Herbstzeitlose bedarf zur vollständigen Assimilation und wahrscheinlich auch zur Zeitigung ihrer Bildungsstoffe höherer Temperaturen als zur Bildung und Entwicklung der Blüthe. Allein das Optimum der anregenden Temperaturen liegt nicht über dem 20. Wärmegrade (bei der Blüthe). Gegen Ende der Stillstandsperiode kann zwar die Blüthenknospe bei viel höheren Temperaturen an Grösse zunehmen als es später der Fall ist; so ersehen wir z. B. aus dem ersten und zweiten Versuche, dass dieselbe bei Wärmegraden zwischen 31 und 40° entschieden gewachsen ist, während in einem späteren Stadium, nämlich zur Zeit, wenn die letzte Blüthenscheide durchbrochen ist, die Knospe (d. i. das junge Perigon) schon nach 3—4stündiger Einwirkung einer Wärme von 30° nicht mehr wächst.

Wir halten es aber für sehr wahrscheinlich, dass sich jener noch anregende Einfluss der Temperaturen zwischen 31 und 40° im frühesten Entwicklungsstadium der Blüthenknospe nur auf die Hüllscheiden erstreckt und die Perigonanlage unberührt lässt. Wissen wir doch wenigstens von der innersten Blüthenscheide, dass sie nach ihrem Verhalten zur Temperatur von den Entwicklungsgesetzen des Perigons gänzlich abweicht. Die höchste Temperatur, bei welcher sich ein Wachsthum der Hüllscheiden an der jungen Knospe mit Sicherheit nachweisen liess, beträgt 38° und die tiefste, bei welcher die innerste Blüthenscheide (im

Eiskeller) noch zum Wachsen gebracht worden ist, beträgt nur 4°, somit haben die Hüllscheiden, wenn sie bezüglich ihres Verhaltens zur Temperatur unter einander nicht verschieden sind, einen Spielraum von 34°, während das Perigon in seiner Entwicklung zwischen viel engere Temperaturgrenzen gewiesen ist[1].

Innerhalb dieser engen Grenzen geht die Entwicklung des Perigons bald rascher bald langsamer vor sich. Jedoch können die Ungleichheiten in der Geschwindigkeit des Wachsthums keineswegs als eine blosse Folge ungleicher Temperaturen betrachtet werden, denn auch bei constant bleibendem Wärmegrade beginnt die Entwicklung selbst im günstigsten Falle stets mit langsamem Schritt; erst nach und nach wird der Gang des Wachsthums schneller, bis zu einer gewissen Grenze, von der an die Geschwindigkeit bald mehr bald weniger regelmässig abnimmt, einem mechanischen Bewegungsvorgang vergleichbar, welcher durch eine dauernde Ursache angeregt wird.

Hier liegt allerdings die eigentliche Ursache keineswegs blos in einer Anregung von aussen, sondern auch in der complicirten Natur des vegetabilischen Organismus selbst, in der sich allmälig vervielfältigenden Theilung und Thätigkeit der Elementarorgane.

Gehen wir einen Schritt weiter und lassen die Temperatur allmälig bis zum Maximum zunehmen und dann wieder langsam aber stetig sinken, so werden wir finden, dass das Minimum der Wachsthumsgeschwindigkeit nicht gleichzeitig mit der höchsten Temperatur, sondern später eintritt, zu einer Zeit, wo die Temperatur schon tiefere, dem Wachsthum günstigere Grade angenommen hat. Wenn aber die letztere in gleicher Weise bei allmäligem Sinken das Optimum erreicht hat, um von da wieder stetig zuzunehmen, so wächst das Perigon im Momente als die Temperatur das Optimum, also den für das Wachsthum günstigsten Wärmegrad erreicht hat, noch nicht am schnellsten; erst einige Zeit (2—4 Stunden) später erfolgt das schnellste Wachsthum, zu einer Zeit, wo sich die Temperatur bereits in einer höheren, der Entwicklung der Blüthe minder günstigen Phase

[1] In diesem Sinne ist die Angabe in meinen „Studien" p. 83 (347) bezüglich der VIII. Pflanzengruppe zu berichtigen und zu ergänzen.

befindet. Man vergleiche z. B. nur die im fünften Versuche festgestellten Thatsachen.

In der anorganischen Welt kennen wir keinen Vorgang, mit dem sich die bezeichnete Erscheinung passend vergleichen liesse. Bei den mechanischen Processen geht aus der gegebenen Anregung fast gleichzeitig eine entsprechende Arbeitsgrösse als Endresultat hervor, wenn die Glieder des mechanischen Systems mit einander fest verbunden sind. Im vorliegenden Falle gehen die Anregungen von der Temperatur aus; die Arbeitsgrösse ist dem Zuwachs des betreffenden Pflanzentheiles gleich, den wir als mittelbare Folge einer bestimmten Summe von Temperaturanregungen betrachten.

Während sich aber bei jedem mechanischen System von fest zusammenhängenden Massen die durch eine oder mehrere rasch auf einander folgende Stosskräfte hervorgebrachte Anregung in unmessbar kurzer Zeit von Theilchen zu Theilchen einfach fortpflanzt, wird im Processe des Wachsthums jene von der Wärme ausgehende Anregung mittelst chemischer Verbindungen und Trennungen der Stoffe in eine Reihe theils gleichartiger, theils ungleichartiger Kräfte umgewandelt, deren wechselseitige Beziehungen uns übrigens noch wenig bekannt sind. Von dem Momente an, in welchem ein bestimmter Wärmegrad dem wachsenden Pflanzentheile mitgetheilt worden ist, bis zu dem Momente in welchem wir am Wachsthum die Wirkung jenes Wärmegrades erkennen, hat die wirksame Wärme eine längere sehr complicirte Arbeit vollbracht.

Ausserdem müssen wir berücksichtigen, dass sich im Innern des Organismus die Wärme sehr langsam fortpflanzt, und dass demgemäss in der Umgebung stattgefundene Temperaturveränderungen jedenfalls erst nach einer messbaren Zeit den Herd des Wachsthums erreichen.

Mit den eben ausgesprochenen Ansichten wollen wir vorläufig nur andeuten, auf welche Umstände bei der Einleitung jener Versuche Rücksicht genommen werden muss, welche zur Erklärung der Lebenserscheinungen der Pflanzen bestimmt sein sollen.

VIII. SITZUNG VOM 13. MÄRZ 1873.

Die Direction des k. k. Staatsobergymnasiums zu Landskron dankt, mit Zuschrift vom 7. März, für die Betheilung dieser Lehranstalt mit dem „Anzeiger“ der Classe.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia, R., de' Fisiocritici: Revista scientifica. Anno IV, fasc. VI. Siena-Roma, 1872; 8°.

d'Ancona, Cesare, Malacologia pliocenica Italiana. Fasc. II. Firenze, 1872; 4°.

Annuario marittimo per l'anno 1873. XXIII. Annata. Trieste, 1873; 8°.

Association, The American Pharmaceutical: Proceedings, 20th Annual Meeting. Philadelphia, 1873; 8°.

Asten, Hugo von, Über die in südöstlicher Umgegend von Eisenach auftretenden Felsitgesteine etc. Heidelberg, 1873; 8°.

Ateneo Veneto: Atti. Serie II. Vol. VII. Anno accademico 1869—70. Punt. II. Venezia, 1872; 8°.

Bazerque, La caravane universelle, voyages autour du monde en vue de l'exploration scientifique de toutes les parties accessibles de l'univers. Paris; 8°.

Beobachtungen, Schweizer. Meteorologische. December 1871, Jänner & Februar 1872. Zürich; 4°.

Bureau de la Recherche Géologique de la Suède: Carte Géologique de la Suède. 42°—45° livraisons. Folio (Text in 8°). — Coupe géognostique de la chaîne de la Scandinavie, par A. E. Törnebohm. Stockholm, 1872; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 7—8. Paris, 1873; 4°.

Cosmos. Communicazioni sui progressi più recenti e notevoli della geografia e scienze affini di Guido Cora. I. Torino, 1873; 4°,

De la Rive, Auguste, et Édouard Sarasin, Sur la rotation sous l'influence magnétique de la décharge électrique dans les gaz raréfiés etc.; 8°.

Ferdinandeum für Tirol und Vorarlberg: Zeitschrift. Dritte Folge. XVII. Heft. Innsbruck, 1872; 8°.

Genocchi, Angelo, Intorno ad una lettera del Sign. Conte L. F. Manabrea. Roma, 1873; 4°.

Gesellschaft, Deutsche geologische: Zeitschrift. XXIV. Band, 3. Heft. Berlin, 1872; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 5. Wien, 1872; 4°.

— Königl. bayer. botanische, in Regensburg: Flora. N. R. 30. Jahrgang oder der ganzen Reihe 55. Jahrgang. 1872. Regensburg; 8°. — Repertorium der periodischen botanischen Literatur vom Beginn des Jahres 1864 an. VIII. Jahrgang. 1871. Regensburg, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 10. Wien, 1873; 4°.

Grad, Charles, Considérations sur la géologie et le régime des eaux du Sahara Algérien. Paris, 1873; 8°.

Grassmann, Robert, Die Erdgeschichte oder Geologie. Stettin, 1873; 8°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Memorie. Vol. XVII, Parte II. Venezia, 1873; 4°. — Atti. Tomo II°. Serie IV^a^, Disp. 2^a^. Venezia, 1872—73; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXVIII, Heft 5 & 6. Speyer, 1872; 8°.

Kornhuber, A., Über einen neuen fossilen Saurier aus Lesina. (Abhdlgn. der k. k. geolog. Reichsanstalt. Bd. V, Heft 4.) Wien, 1873; 4°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 5. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 5. Wien; 8°.

Lea, Isaac, Rectification of T. A. Conrad's „Synopsis of the Family of Naïades of North America." Philadelphia, 1872; 8°.

Listing, Joh. Benedict, Über unsere jetzige Kenntniss der Gestalt und Grösse der Erde. Göttingen, 1872; 12°.

Moniteur Scientifique du Dr. Quesneville. 3e Série. Tome III, 375e Livraison. Paris, 1873; 4°.

Museum of Comparative Zoology at Harvard College: Bulletin. Vol. III, Nrs. 5 & 6. Cambridge, 1872; 8°. — Illustrated Catalogue. Nr. VII. Cambridge, 1872; 4°.

Nature. Nr. 175, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Pessina, Luigi Gabriele, Ai Signori Astronomi e Fisico-Matematici Messina, 1873; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIe Année, 2e Série, Nr. 36. Paris, 1873; 4°.

Società Italiana di Antropologia e di Etnologia: Archivio. IIe Vol., fasc. 4°. Firenze, 1872; 8°.

Société Mathématique de France: Bulletin. Tome Ier, Nr. 1. Paris, 1873; 8°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XIXe. 1872. Comptes rendus 2. Paris; 8°.

Simercati, Guido, Intorno alla prima idea delle caldaie tubolari. Firenze, 1873; 8°.

Woldřich, J., Eine Opferstätte der Urzeit bei Pulkau in Niederösterreich. Wien, 1873; 8°.

Wolf, Rudolf, Astronomische Mittheilungen. XXXI. 8°.

IX. SITZUNG VOM 20. MÄRZ 1873.

In Verhinderung des Generalsecretärs vertritt der Präsident dessen Stelle.

Die physikalisch-medicinische Societät in Erlangen dankt, mit Schreiben vom 14. März, für den mit ihr eingegangenen Schriftentausch.

Herr Prof. Dr. J. Gottlieb in Graz übersendet eine vorläufige Mittheilung seines Assistenten, Herrn Th. Morawski: „Über eine Isomere der Citronensäure."

Herr Prof. F. Lippich in Prag hinterlegt ein versiegeltes Schreiben zur Wahrung seiner Priorität mit dem Motto: *„Ainsi la matière pondérable n'est pas seule dans l'univers, ses particules nagent en quelque sorte au milieu d'un fluide.* Lamé".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia Olimpica di Vicenza: Atti. Secondo Semestre 1872. Vol. II. Vicenza; 8°.

Annalen der Chemie und Pharmacie von Wöhler, Liebig, Kopp, Erlenmeyer & Volhard, N. R. Band XC, Heft 1—2. Leipzig & Heidelberg, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. (Nebst Anzeigen-Blatt.) 11. Jahrg. Nr. 8. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1925—1927. (Bd. 81. 5.) Altona, 1873; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVIe, Nr. 181. Genève, Lausanne & Paris, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 9. Paris, 1873; 4°.

Gesellschaft, k. k. zoolog.-botan., in Wien: Verhandlungen. Jahrgang 1872. XXII. Band, 1.—4. Heft. Wien; 8°.

– Astronomische, in Leipzig: Vierteljahrsschrift. VIII. Jahrgang. 1. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang. Nr. 11. Wien, 1873; 4°.

Hinrichs, Gustavus, The School Laboratory of Physical Science. Vol. II., Nrs. 3 & 4. Iowa City, Iowa, 1873; 8°. — The Method of quantitative Induction in Physical Science. Daventport, Iowa, U. S.; 1872; 8°.

Institution, The Royal United Service, Whitehall Yard: Journal. Vol. XVI, Nr. LXVI. London, 1872; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXIX, Heft 1. Speyer, 1873; 8°.

Nature. Nr. 176, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Osservatorio, Reale, di Brera in Milano: Pubblicazioni. Nr. I. Sul grande commovimento atmosferico avvenuto il 1° di Agosto 1872 nella bassa Lombardia e nella Lomellina. Annotazioni di Giovanni Celoria. Milano, 1873; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIe Année, 2e Série, Nr. 37. Paris, 1873; 4°.

Societät, physikalisch-medicinische, zu Erlangen: Verhandlungen. 1. & 2. Heft. Erlangen, 1867 & 1870; 8°.

Société Ethnographique: Mémoires. (Revue orientale. 2e Série.) Tome I, Nr. 1. Paris, 1867; 8°. — Revue Ethnographique. Nrs. 1—2. Janvier—Juin 1869. Paris; 8°. — Actes. Tome II. 13e—15e Livraisons (1867—1868); Tome VII, Nrs. 24—26. Déc. 1872 — Mars 1873. Paris; 8°.

Topsöe, Haldor, Krystallografisk-kemisk Undersøgelse over Platinets Dobbelthaloidsalte. I—IV. Kjøbenhavn, 1869—1870; 8°. — Om Forholdet mellem Sammensaetning, Krystalform og Vaegtfylde. I—IV. 8°. — Krystallografisk-kemiske Undersogelser over de selensure Salte. Kjøbenhavn, 1870; 8°. — Über die Darstellung der wässerigen Bromwasserstoffsäure. 8°. — Über die Hydrate der Platin-

säure und des platinsauren Barium. 8°. — Détermination des poids spécifiques et des volumes moléculaires de divers sels. 8°. — Nye Methoder til Bestemmelsen af Chlor, Brom og Jod sammen med Platin. 8°. — Krystallografisk-optiske Undersøgelser, med saerligt Hensyn til isomorfe Stoffer. Kjøbenhavn, 1873; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 11. Wien, 1873; 4°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

ERSTE ABTHEILUNG.

4.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Geologie und Palæontologie.

X. SITZUNG VOM 3. APRIL 1873.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die Stefan'schen Nebenringe am Newton'schen Farbenglas und einige verwandte Interferenzerscheinungen", von Herrn Prof. Dr. E. Mach in Prag.

„Beiträge zur Kenntniss des Wachtsthums der Pflanzen" (Fortsetzung und Schluss), vom Herrn Prof. Franz Krašan in Krainburg, eingesendet durch Herrn Vice-Director K. Fritsch in Salzburg.

Drei Abhandlungen des Herrn Fr. Unferdinger, Prof. an der technischen Hochschule in Brünn, und zwar:

1. „Über einige mit Lim. $\frac{n}{\sqrt[n]{n!}} = e$ (für $n = \infty$) verwandte Limiten".

2. „Der mittlere Krümmungsradius und die mittlere Krümmung in einem bestimmten Punkt einer Fläche".

3. „Über die merkwürdigen Eigenschaften des Ausdruckes

$$z^n - \binom{m}{1}(z-1)^n + \binom{m}{2}(z-2)^n - \ldots + (-1)^m \binom{m}{m}(z-m)^n$$

und Anwendung derselben".

„Die Gewebe und Drüsen des Anneliden-Oesophagus", von Herrn Prof. V. Graber in Graz.

„*Passage de Vénus. Méthode pour obtenir photographiquement l'instant des contacts avec les circonstances physiques qu'ils présentent*", von Herrn J. Janssen, Mitglied der Académie des Sciences in Paris.

„Vorläufige Mittheilung über ein allgemeines Theorem zur Berechnung der Wirkung magnetisirender Spiralen", von Herrn Prof. Dr. Adalbert v. Waltenhofen in Prag.

„Vorläufige Mittheilung zur Lehre von der Structur der Spinalganglien nnd der peripherischen Nerven", vom Herrn Dr. Sigm. Mayer in Prag.

Diese beiden Mittheilungen sind für den Anzeiger bestimmt.

Herr Frank Calvert übersendet eine Nummer des „Levant Herald", enthaltend den von ihm gelieferten Nachweis über die Existenz des Menschen während der Miocänperiode.

Herr Hofrath Dr. E. Ritter v. Brücke überreicht eine in seinem physiologischen Institute durchgeführte Arbeit des Herrn Dr. Mich. Reich, betitelt: „Einige mikroskopische Studien mit Silbersalpeterlösung besonders an Gefässen des Auges und anderer Organe".

Herr Director Dr. J. Stefan übergibt eine vorläufige, für den Anzeiger bestimmte Anzeige einer neuen Arbeit „über die Dielektricitätsconstanten von Isolatoren", vom Herrn Prof. Dr. L. Boltzmann in Graz.

Der Secretär v. Schrötter legt Beobachtungen vor, die sich auf die von ihm vor längerer Zeit gemachte vorläufige Mittheilung seines Verfahrens der Bearbeitung der Tellurerze und die Abscheidung des Selens, die Fällung des Goldes durch organische Substanzen, die des Tellurs durch schwefelige Säure, und die Bildung von Schwefelsäure beim Verbrennen des Schwefels in der Luft beziehen.

Herr Dr. Heinrich Streintz legt eine Abhandlung vor: „Über die Änderungen der Elasticität und der Länge eines vom galvanischen Strome durchflossenen Drahtes".

Herr Custos Dr. A. Schrauf übergibt die V. Abtheilung seiner „Mineralogischen Beobachtungen".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Alpen-Verein, Deutscher und österreichischer: Zeitschrift. Jahrgang 1872. Heft 3. München, 1872; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 9—10. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1928—1930 (Bd. 81. 8—10.) Altona, 1873; 4°.

Berliner Astronomisches Jahrbuch für 1875 etc. Berlin, 1873; 8°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVIe Nrs. 182 —183. Genève, Lausanne, Paris, 1873; 8°.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1870, Nr. 7 & 8; Anno 1873, Nr. 1 & 2. Firenze; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 10—11. Paris, 1873; 4°.

Gesellschaft der Wissenschaften, k. böhmische, in Prag: Sitzungsberichte. 1873. Nr. 1. Prag; 8°.

— k. k. mähr.-schles., zur Beförderung des Ackerbaues, der Natur- und Landeskunde: Mittheilungen. 1872. LII. Jahrg. Brünn; 4°. — Notizen-Blatt der histor.-statist. Section. Vom 1. Jänner bis 1. December 1872. Brünn; 4°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 6. Wien, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrg. Nr. 12—13. Wien, 1873; 4°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VII, 1. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 6. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 6. Wien; 8.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 19. Band, 1873, III. Heft. Gotha; 4°.

Nachrichten über Industrie, Handel und Verkehr aus dem statistischen Departement im k. k. Handels-Ministerium. I. Band, III. Heft. Wien, 1873; 4°.

Nature. Nrs. 160—162, 177—178, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VIII, Nr. 1. Torino, 1873; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 4. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIe Année, 2e Série. Nrs. 38—39. Paris, 1873; 4°.

Société littéraire, scientifique et artistique d'Apt: Procès-verbaux des séances. 2e Série. Tome Ier. Bulletin des 6me, 7me et 8me Années. Apt, 1873; 8°.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIe Année, Nr. 11. Constantinople, 1873; 4°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XIXe 1872. Revue bibliographique D. Paris; 8°.

Society, The Asiatic, of Bengal: Journal. Part I, Nr. II. 1872; Part II, Nr. III. 1872. Calcutta; 8°. — Proceedings. Nr. IX. November, 1872. Calcutta; 8°. — *Bibliotheca Indica.* New Series. Nrs. 258—259, 261—262. Calcutta, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 12—13. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 3. Heft. Wien, 1873; 4°.

Die Gewebe und Drüsen des Anneliden-Oesophagus.

Von Dr. V. Graber,
Gymnasiallehrer in Graz.

(Mit 2 Tafeln.)

Trotz der ausgezeichneten neueren Leistungen über den gesammten Bau der Borstenwürmer — wir erinnern blos an die Werke von Quatrefages, Grube, Schmarda, Ehlers, Claparède u. A. — scheint es doch der Fragepunkte noch genug zu geben, ganz besonders, wie uns dünkt, betreffs der feineren Tectologie, deren sorgfältige Pflege auch im Interesse vergleichend anatomischer Erörterungen lebhaft zu wünschen ist.

In dem Sinne mag der vorliegende kleine Beitrag zur Histologie des Annelidendarmes ungeachtet der Beschränktheit und Dürftigkeit seines Inhaltes nicht als völlig überflüssig zurückgewiesen werden.

Meiner Arbeit eine grössere Ausdehnung zu geben, gestattete mir leider das äusserst karge, hinsichtlich seiner Conservation wirklich brauchbare Untersuchungsmateriale nicht.

Speciell den Oesophagus wählte ich mir aus dem Grunde, weil fast sämmtliche Darmlagen dort ihre grösste Mächtigkeit erreichen und somit für Querschnitte sowohl als für Zupfpräparate am besten sich eignen.

Dazu kommt noch der Umstand, dass die in den Oesophaguswandungen bisher nur ganz vereinzelt beobachteten und ihrem Baue nach ungenügend erkannten Drüsen meine besondere Aufmerksamkeit auf sich zogen.

Betreffs der Würdigung früherer Arbeiten dürfte es für unsern Zweck ganz ausreichend sein, ausser den Ansichten von

Quatrefages[1] auf die Untersuchungen Ehler's[2] hinzuweisen; wenigstens ist uns nichts Wesentliches bei anderen uns zugänglichen Sehriftstellern über unsern Gegenstand bekannt geworden, was nicht speciell in dem prächtigen Werke des letzteren[2] zu finden wäre. Genaue Literaturnachweise können in dem eben genannten Buche nachgeschlagen werden.

Nach Quatrefages[3] ist die Schichtung des Oesophagus (d. i. seiner région oesophagienne, die uns hier allein interessirt) folgende: Auf die innerste Lage, die *„touche muqueuse“* folgt eine, bisweilen auch fehlende *„couche fibreuse“*, der sich die weitaus dickste Lage, die Muscularis anschliesst, welche ihrerseits wieder von dem die Leibeshöhle auskleidenden Peritoneum überzogen wird.

Ehlers[4] bezeichnet die Muqueuse als Cuticula, die Fibreuse als subcuticuläres Fasergewebe. Ausser den von Quatrefages erkannten, aber nicht näher beschriebenen Schichten unterscheidet er dann noch eine unter der eben genannten liegende „Belegmasse“, die auch der Träger der oft intensiven Färbung der Darmwandung ist[5].

Wir selbst erkennen vom Lumen des Oesophagus gegen das Leibesinnere zu folgende sechs Lagen: 1. die *Intima*, 2. die protoplasmatische *Hypodermis* (?), 3. die *Lamina fibrosa*, 4. die homogene der letzteren zur Stütze dienende *L. subfibrosa* (Stütz- oder Basalmembran), 5. die mehrentheils aus dreierlei Lagen aufgebaute *Muscularis* und 6. das *Peritoneum*. *Hypodermis*, *Fibrosa*, und *Subfibrosa*, wie es scheint, nur bei wenigen Formen deutlich differencirt, werden wir auch unter dem gemeinsamen Namen *Tunica intermedia* aufführen.

Intima.

Ehlers beschreibt die innerste Lage des Darmes im Allgemeinen als eine „äusserst feine Cuticula, welche vielleicht mit der äusseren Körperhülle durch Mund und After in unmittelbarer Verbindung steht“.

---

[1] Histoire naturelle des Annelés. I. Bd.

[2] Die Borstenwürmer. I. u. II. Th. Leipzig 1864—68.

[3] O. c. pag. 37 ff.

[4] O. c. pag. 26.

Speciell bei der Kieferregion der *Nephthys coeca* spricht er von einer glashellen bei 0·018 Mm. dicken Chitin-Cuticula.

Was die äusserste Integumentlage anbetrifft, als deren Einstülpung die Darm-Intima anzusehen, so bezeichnet sie der genannte Forscher als „Chitin-Cuticula, welche immer aus Schichten zusammengesetzt ist, welche eine Zeichnung von feinen Linien erzeugen, deren Richtungen in den verschiedenen Schichten sich kreuzen. Sie ist von Porenkanälen durchsetzt, durch welche wahrscheinlich das Sekret einer in der Körperwand eingebetteten Drüsenschichte entleert wird."

Letzteres ist in der That der Fall, wenn auch in der Regel keine zusammenhängende Drüsenschichte vorhanden ist. Hautschnitte vom Bauche der *Aphrodite aculeata* zeigen mir vielmehr ein völlig identisches Verhalten, wie ich es jüngst für mehrere Gephyreen speciell für *Phascolosoma* nachwies [1].

Die feinere Constitution der Oesophagus-Intima der Anneliden lässt sich indess keineswegs auf das gewöhnlich beliebte Schema der sogenannten Chitin-Cuticula zurückführen, insoferne die übereinander geschichteten Elementarlamellen durchaus nicht homogene Platten, sondern selbst wieder, wie bei gewissen Insecten [2], histologische Composita vorstellen.

Isolirt man ein Stück Intima z. B. von *Nephthys* oder *Aphrodite* und entfernt mit Nadel und Pinsel alle fremdartigen Elemente, so erkennt man bei hinlänglicher Vergrösserung ein System von ungemein dünnen Längs- und Querlinien, in gegenseitigen Abständen von kaum 0·0008 Mm., die sich rechtwinkelig durchkreuzen, wodurch die Oberfläche, ähnlich wie am Integument, ein feingegittertes Aussehen erlangt (Fig. 2*g*).

Unbekannt mit der wahren Natur dieser Zeichnung hielt ich die einzelnen Felder des Gitters anfänglich für regelmässig angeordnete Erhabenheiten. Stärkere Vergrösserungen sowie verschiedene Focaleinstellungen sprachen indess keineswegs für eine solche Deutung.

Ich machte mich nun an Zupfpräparate, die ich längere Zeit in 35 % Kalilauge einlegte, dann reichlich mit Wasser

[1] Über die Haut einiger Gephyreen. Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien. I. Abth. Jänner 1873.

[2] Vergl. Leydig. Zum feineren Bau d. Arthropoden.

ausspülte und zuletzt durch Zusatz von Essigsäure etwas härtete.

Die so gewonnenen Ansichten, namentlich an scharf beschnittenen Rändern des Präparates (Fig. 2) liessen an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig.

Die Intima setzt sich zunächst zusammen aus übereinander geschichteten Lamellen (Fig. 1 *i*), die man unter dem Präparirmikroskop mittelst sehr feiner Glasnadeln ziemlich leicht zu isoliren vermag. Eine jede solche Elementarlamelle besteht ihrerseits wieder aus parallel- und geradrandigen bandförmigen Streifen (Fig. 2 *c*) von ganz übereinstimmender Breite, welche z. B. bei *Nephthys* 0·005 Mm. beträgt. Oft gelingt es auch, die Lamellenstreifen zu isoliren, wass für ihre Selbstständigkeit das beste Zeugniss ablegt. Es sind diese strangartigen Gebilde aber selbst wieder zusammengesetzt, nämlich aus einer Anzahl von beiläufig 5—8 enge aneinander schliessenden Fibrillen von kaum 0·009 Mm. Dicke.

Aus dem Grunde wollen wir die secundären Lamellenelemente, etwa nach Analogie einer quergestreiften Primitivmuskelfaser als Fibrillenbündel bezeichnen.

Das optische Bild der feingegitterten Intimaoberfläche ist nun leicht verständlich. Es entsteht durch die Primitivfibrillen, welche in den aufeinanderliegenden Lamellen unter rechtem Winkel sich kreuzen.

Mit dem geschilderten Verhalten stimmen auch die Ansichten überein, die man bei wechselnder Einstellung des M. erhält.

Liegt z. B., wie in Fig. 2 *a*, obenauf eine Lamelle, deren Fibrillen relativ longitudinal sind, so verschwinden mit dem Heben des Tubus die unter der obersten Lamelle liegenden, nach der Quere laufenden Fibrillen (*m*), während die Längsstreifen (*a*) mit grösserer Deutlichkeit hervortreten, indess beim Senken des Tubus unter die mittlere Einstellung das Umgekehrte geschieht.

Die Dicke der gesammten Intima scheint sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen zu sein. Während sie beispielsweise bei einer ganz ausgewachsenen *Aphrodite aculeata* 0·047 Mm. beträgt, misst sie bei *Nephthys coeca* O. Fabr. nur 0·015 Mm. und sinkt bei *Nereis pelagica* L. gar auf 0·0038 Mm. herunter.

Auf der Intima-Oberfläche sämmtlicher von uns untersuchter Anneliden, mit alleiniger Ausnahme von *Nereis* findet man in ziemlich regelmässigen (bei *Aphrodite* 0·06 Mm. grossen) Abständen theils durch etwas grössere Durchsichtigkeit, theils durch den Besatz mit winzigen Erhabenheiten ausgezeichnete inselartige Stellen (bei *Aphrodite* 0·02 Mm. gross), die, wie man sich bald überzeugt, den in der *Fibrosa* eingebetteten Drüsen entsprechen.

Frühere Forscher haben diese Stellen zum Theile geradewegs für Löcher, respective für die Mündungen der Drüsen ausgegeben.

Quatrefages lässt sich über die betreffenden Theile der *muqueuse* von *Aphrodite* folgenderweise aus[1]: La il existe.... une couche granuleuse colorée, placée entre la *muqueuse* et la couche musculaire, qui *semble* être *fenestrée* pour laisser les produits d'une sécretion; fügt aber ausdrücklich hinzu: *mais je n'ai pu découvrir la moindre trace d'orifice.*

Minder genau drückt sich Ehlers betreffs der Drüsenmündungen von *Nephthys coeca*[2] aus, indem er kurzweg sagt: „Die Chitin-Cuticula ist in kleinen gleichmässigen Abständen von (wie seine Zeichnung Tab. XXIII, Fig. 28, lehrt, relativ sehr weiten) Öffnungen durchbrochen, in welchen eigenthümliche, in das subcuticuläre Gewebe eingebettete Gebilde (eine flaschenförmigen Körper) münden". Die nach Quatrefages wie Fenster aussehenden Stellen der Intima wurden mit anderen Worten von Ehlers als die Drüsenmündungen selbst angesehen, eine Deutung, die freilich auch der Quatrefages'sche Text sehr wohl zulässt.

Die relativ grössere Durchsichtigkeit der in Rede stehenden Intimainseln ist leicht zu erklären. Mikroskopirt man die Intima, ohne die darunterliegende Fibrosa zu entfernen, so erscheinen die über den Drüsen gelegenen Partien derselben deshalb heller als ihre Umgebung, weil die Drüsen im Vergleich zu der oft auch durch Pigmente getrübten Fibrosa weit pellucider als die letzteren sind. Mitunter sind aber auch an der isolirten Intima die in Rede stehenden Flecken ein wenig heller als die Um-

[1] O. c. pag. 49. — [2] O. c. pag. 603.

gebung. Dies kommt daher, weil die Intima unmittelbar über den Drüsen bisweilen sich kuppelförmig erhebt und auch dünner als anderwärts ist. Entsprechend dem äusseren Kuppelrand bemerkt man an der Flächenansicht öfters einen ringförmigen Schatten (Fig. 10).

Die eigentlichen Mündungen der Drüsen sind weder von Quatrefages, wie er ja selbst sagt, noch von Ehlers, der sie aber doch gesehen haben will, erkannt worden, was ihnen aber um so weniger zu verdenken ist, als sich mir das entsprechende Verhalten auch erst nach langwierigen Untersuchungen herausstellte; der Schilderung der eigenthümlichen hier obwaltenden Verhältnisse werden wir aber zweckmässig jene der Drüsen selbst vorausschicken.

Drüsen.

Drüsenartige Einlagerungen in den Wandungen des Anneliden-Oesophagus sind bisher nur ganz vereinzelt entdeckt worden.

Etwas hierher Gehöriges scheint zunächst Quatrefages bemerkt zu haben. Er sagt, wie es scheint aber nur auf Grund des bereits oben von *Aphrodite* Mitgetheilten (pag. 49): Mais il arrive aussi parfois, que ces glandes (er spricht von den strenge so zu nennenden Anhangsdrüsen des Munddarmes) sont placées dans l'épaisseur même des parois de la trompe et forment une *couche continue* rappelant la couche hépatique. *Alors on ne distingue plus d'orifices excreteurs.*

In Ehlers' Borstenwürmern ist nur an einer einzigen Stelle (p. 603), nämlich bei *Nephthys coeca*, von derlei Drüsen die Rede. „Die Fasern dieses (Subcuticular-) Gewebes", sagt er dort, „weichen auseinander, um allseitig die an den Öffnungen der Chitin-Cuticula hängenden Gebilde zu umgeben, welche ich als flaschenförmige Körper bezeichnen will. Ihre Form entspricht nämlich einer dickbauchigen Flasche mit kurzem Hals. Mit diesem zugespitzten Ende hängen sie an der Chitinhaut, während der fast halbkugelige Körper in dem subcuticularen Fasergewebe eingebettet liegt.

Ihre Länge beträgt bei 0·085, die grösste Breite 0·063 Mm. Ihr Aussehen ist farblos, durchscheinend hell, meist findet sich auf ihrer Wand eine Zeichnung, als ob im Innern zellähnliche

Körper von polygonaler Form gepresst lägen .... Nach der Form und Lage unter den Öffnungen der Chitinhaut wird man am meisten geneigt sein, die flaschenförmigen Körper für Drüsen zu erklären. Sie entsprächen dann den „wandständigen (betreffs ihres Baues noch einer genaueren Analyse bedürftigen) Drüsen am Rüssel der Sylliden."

Da ich bei sämmtlichen sechs von mir untersuchten und zum Theile ganz verschiedenen Gruppen angehörigen Formen solche Drüsen vorfand, so zweifle ich nicht länger daran, dass sie bei den Borstenwürmern eine allgemeinere Verbreitung haben, als nach den bisherigen Beobachtungen zu vermuthen war.

Was zunächst ihre gegenseitige Lage anlangt, so stehen sie mit Ausnahme von *Nereis* am ganzen Oesophagus sehr dicht beisammen. Entweder stossen sie mit ihrem unteren verbreiterten Theile ganz hart aneinander (bisweilen bei *Polynoë* und *Sigalion*) oder es übertrifft ihr gegenseitiger Abstand kaum ihre Breite. Von der Intima aus gesehen zeigen sie wenigstens bei *Aphrodite*, *Polynoë*, *Sigalion* und *Nephthys* eine sehr regelmässige Anordnung.

Um die beiläufige Gesammtzahl aller Oesophagus-Drüsen zu ermitteln, bestimmte ich zunächst den Intima-Flächeninhalt einer *Aphrodite*, welcher in runder Summe 500 □Mm. ergab. Da nun 1 □Mm. mindestens 80 Drüsen entsprechen, so erhält man im ganzen ein Minimum von 40.000 Drüsen.

Hinsichtlich ihres feineren Baues lernte ich das Meiste an jenen zum Theil mit *Acid. Osmicum* behandelten Diagrammen von *Aphrodite*.

Die Drüsen haben hier — dies gilt, scheint es, auch allgemein, eine dickbauchige, flaschenförmige, mitunter auch mehr zwiebel- oder knospenartige Gestalt. (Vergl. die Geschmacksknospen d. Säuger.) Sie nehmen die ganze Dicke der Fibrosa ein, indem ihre oberen Enden dicht an der Intima anliegen, während ihre Basis auf der Subfibrosa aufruht, und durch die letztere von der Muskellage geschieden ist, weshalb ich der Subfibrosa speciell auch zum Schutze der Drüsen eine wichtige Rolle zuschreibe.

Jede Drüse besteht aus einer wechselnden Anzahl von 10—15 durch eine gemeinsame, ungemein zarte *Tunica pro-*

pria vereinigter schlauchförmiger Follikel von beiläufig 0·018 Mm. grösster Breite (Fig. 1 *d*), welche gegen die Intima zu allmälig sich verschmälern und in einen ausserordentlich engen, oft kaum 0·0015 Mm. breiten Ausführungsgang (*p*) übergehen. Diese feinen Porenkanäle, durchaus nicht zu verwechseln mit dem senkrechten Liniensystem der Intima, durchziehen die letztere theils in senkrechter, öfter aber in schiefer, bisweilen stark geschlängelter Richtung. Die Wandungen dieser Poren scheinen nicht der Intima anzugehören, sondern dürften eher als Fortsetzungen der Follikelmembranen zu betrachten sein. Ganz bestimmt lässt sich das unmöglich sagen. Mit grösster Bestimmtheit erkannte ich diese Porenkanäle bei *Aphrodite* und *Nephthys* (Fig. 8), während sie sich bei *Polynoë* und *Nereis*, vielleicht der Zartheit ihrer Intima wegen, meinen Nachforschungen bisher entzogen haben.

An der Oberfläche der Intima angelangt, erheben sich die Wandungen des Ausführungsganges (Fig. 2* *d*) rings um ihre ausserordentlich feine, nur in den seltensten Fällen sichtbare Mündung zu einem mehr oder minder prononcirten Wall, wie das von Quatrefages auch für die Endigungen der Ausfuhrgänge mancher Anhangsdrüsen (z. B. jener der Glyceren) angegeben wird: on distingue, sagt er, en général, assez facilement leur orifices, qui parfois sont même entourées de bourrelets.

An Flächenansichten der Intima erscheinen diese Erhebungen als körnchen-, dorn- oder kegelförmige Gebilde, an der Spitze gewöhnlich intensiv gelbbraun gefärbt (Fig. 2 *h'*).

Der untere Durchmesser dieser Rauhigkeiten an der Flächenansicht stimmt völlig mit der Weite der Poren an den Querschnitten überein.

Die inselartigen Gruppen von Rauhigkeiten, welche die gefensterten Stellen der Intima characterisiren (Fig. 2 *h*), erweisen sich demnach als Complexe der umwallten Enden der Drüsengänge.

Von der Richtigkeit des eben Mitgetheilten kann man sich auch durch verschiedene Focaleinstellungen auf die erwähnten Rauhigkeiten überzeugen. Hebt man den Tubus aus der mittleren Einstellung (Fig. 2* *b* und *d*, 2), wo sowohl das Fibrillensystem als auch die Rauhigkeiten mit der grössten Schärfe

hervortreten, so verschwindet das erstere und tauchen allmälig auch die Spitzen der Porenwälle unter (*a* und *d* 1). Bei tieferer Tubuslage hingegen (*d*, 3) werden auch die untersten Partien der schief verlaufenden Porenkanäle sichtbar und es gewinnt den Anschein, als ob sich die in Rede stehenden Rauhigkeiten in die Länge zögen (*c*), während das Aussehen der Dörnchen über den senkrechten Poren sich nicht merklich ändert.

Zu hüten hat man sich vor Trugbildern, welche entstehen, wenn die Schnitte an die Grenze der Drüsen fallen. Es kann sich dann treffen, dass man nur zwei Ausführungsgänge erhält, welche einen einfachen weiteren Gang simuliren, dessen seitliche Conturen eben durch die wirklichen Porenkanäle gebildet zu sein scheinen.

An gar feinen Schnitten kommt es bisweilen auch zur Abtrennung der bezeichneten Rauhigkeiten.

Kehren wir nun zu den Drüsen zurück. Der Inhalt der einzelnen Drüsenfollikel besteht aus zartwandigen kugelförmigen Zellen (bei *Nephthys* 0·013 Mm. Durchmesser), die, wenn sie enge beisammen liegen, sich gegenseitig abplatten und dann wohl auf der Wand die von Ehlers erwähnte polygonale Zeichnung veranlassen. Deutliche Kerne vermochte ich nicht nachzuweisen. Der Zellinhalt zeigt zahlreiche, von einer glashellen Flüssigkeit erfüllte Vacuolen, umgrenzt von feinkörnigem Protoplasma.

Bei jener Orientirung, wo im polarisirten Lichte die horizontalen Radiärmuskeln (Fig. 1 *r*) und die in gleicher Richtung verlaufenden Faserelemente der Fibrosa in intensiv gelben und stellenweise bei einigem Gangunterschiede grünlichem Lichte glänzen, zeigen die Drüsen und desgleichen die Intima, die Subfibrosa, sowie die longitudinalen Radiärmuskelsepten (Fig. 1 *l*), die durch ein geeignetes Gypsplättchen erzeugte purpurrothe Farbe des Gesichtsfeldes.

Es kann sonach das polarisirte Licht zur Erkennung der Drüsen sowohl als der Subfibrosa sehr gute Dienste leisten.

Nur verhältnissmässig selten zeigen sich die Wandungen der Follikel gut erhalten. Sind sie zerstört, so gewinnt es den

Anschein, als ob die Drüsen einen einfachen zwiebelartigen Sack vorstellten, der mit den Secretionszellen erfüllt ist (Fig. 8 *D*).

Ehlers' Beschreibung der „flaschenförmigen Körper" der *Nephthys* passt also nur auf solche bereits in Zerfall begriffene Gebilde.

Eine besondere Erwähnung verdienen die Drüsen von *Nereis* (Fig. 5). Zunächst fällt ihr spärliches Vorkommen auf, indem in jeder der grossen faltenartigen Ausstülpungen der drei innersten Oesophaguslagen gewöhnlich nur eine oder höchstens zwei bis drei Drüsen eingebettet sind, die, wie es scheint, fast niemals die ganze Dicke der Fibrosa einnehmen und meist ziemlich entfernt von der Intima sitzen. Von Ausführwegen in der letzteren war nichts zu sehen.

Der Bau dieser Drüsen gleicht im Wesentlichen jenem von *Polynoë*, wo niemals besondere Follikel, sondern nur eine grössere Anzahl von kugeligen, hier mit deutlichen Kernen versehenen Secretionszellen zu bemerken sind. Vielleicht haben wir es aber auch hier nur mit einer Zerfallerscheinung zu thun. Ganz frische Thiere werden die Sache klar stellen.

Die relativ geringe Anzahl der Oesophagial-Drüsen von *Nereis*, bekanntlich eine der wenigen Annulaten, bei welcher deutliche Munddarm-Anhangsdrüsen nachgewiesen wurden, bringt mich auf die Vermuthung, ob nicht vielleicht eine gewisse Correlation zwischen beiderlei Drüsen bestehe. Es ist dies aber schon deshalb eine reine Vermuthung, weil wir weder über das Sekret der eigentlichen Anhangsdrüsen, noch über jenes der hier gemeinten Gebilde auch nur eine entfernte Kenntniss haben.

Vielleicht geben diese Zeilen den Anstoss und ich darf wohl auch sagen, den leitenden Faden zu einer umfassenderen Untersuchung dieser Verhältnisse.

Tunica intermedia.

Es wurde schon oben angedeutet, dass die zwischen Intima und Muscularis liegende Schichte im Wesentlichen durch die Fibrosa gebildet wird, indem die zunächst an die Intima sich anschliessende, und, wie uns dünkt, gelegentlich völlig mangelnde protoplasmatische Belegmasse nicht als selbstständige Lage angesehen werden kann, da sie sich in die innerste Partie

der Fibrosa einsenkt, und andererseits die allerdings sehr scharf markirte Subfibrosa oder Stützmembran doch zur Fibrosa die innigsten Beziehungen hat.

Durch Quatrefages erfahren wir von der genannten Membran nur so viel, dass sie eine allgemeine Verbreitung besitzt, was aus Ehlers' Darstellung nicht zu entnehmen wäre, da er derselben im allgemeinen Theile gar nicht erwähnt und nur bei *Nephthys* ihr einige Worte widmet.

Er beschreibt sie als eine beträchtlich dicke Lage, zusammengesetzt aus feinen Fasern, welche auf das Engste miteinander verschmolzen sind, senkrecht gegen die Oberfläche der Chitinhaut stehen und nach aussen gegen die Muscularis scharf abgesetzt sind. Die Länge der einzelnen Fasern schien ihm übereinstimmend mit der Mächtigkeit der ganzen Schichte, die, seines Erachtens, wohl in die Reihe der Bindegewebe zu stellen ist. — Die Subfibrosa ist beiden Forschern entgangen.

Nach unserem Dafürhalten dürfte diese Schichte so gut wie die Drüsen selbst, als deren Stroma sie fungirt, eine ziemlich weite Verbreitung haben: sie findet sich wenigstens bei allen von uns untersuchten Formen (Fig. 1, 5 u. 8*f*). Die grösste Dicke erreicht sie bei *Nereis pelagica*. Sie misst hier an den faltenförmigen Erhebungen 0·12 Mm. Möglicherweise, dass hier durch die relativ grosse Mächtigkeit der Fibrosa eine Compensation gegenüber der äusserst dünnen Intima gegeben ist.

Bei *Aphrodite* fand ich sie 0·07, bei *Polynoë* 0·06 und bei *Nephthys* 0·04 Mm. dick.

Die im Gegensatze zur zusammengesetzten Fibrosa ganz homogene Subfibrosa ist, mit Ausnahme von *Nereis*, an Querschnitten ohne weitere Präparation, namentlich schön nach Pikrinkarmintinktion zu demonstriren.

Auch das polarisirte Licht lässt sie — es wurde schon angedeutet — als eine von der Fibrosa wesentlich verschiedene Lage erkennen. Den Elementen der letzteren so wie jenen der Muscularis dient sie zur Insertion, weshalb gerade die Bezeichnung Stützmembran sich empfehlen dürfte.

Bei *Aphrodite* erhebt sich diese Stützmembran hügelförmig zwischen den einzelnen Drüsen (Fig. 1*b*), so dass der untere Theil derselben förmlich in derselben eingekeilt erscheint.

Bei *Polynoë* und *Nephthys*, namentlich bei ersterer Gattung ausserordentlich scharf abgesetzt, zeigt sie fast durchgehends die Form einer einfachen, ziemlich ebenen Lamelle. Bei den letztgenannten Thieren beträgt ihre Dicke nur zwischen 0·004 und 0·005 Mm., während sie bei *Aphrodite* an den hügelartigen Anschwellungen einen nahezu 10mal so grossen Durchmesser zeigt und selbst unter den Drüsen, wo sie am dünnsten ist, noch 0·01 Mm. misst.

Was nun die Zusammensetzung der Fibrosa betrifft, so wurde mir diese an möglichst feinen Schnitt- und Zupfpräparaten von *Nereis*, unter Anwendung von 0·5% Osmiumsäure, am klarsten.

Man sieht dort (Fig. 4) zweierlei Elemente, nämlich Fibrillen (*f'*) und zell- oder kernartig geformtes Protoplasma (*f''*).

Die Fibrillen haben, ohne Ausnahme, einen radiären Verlauf, stehen also auf der Intima und der hier ungemein zarten Stützmembran (*b*), welche sie gegenseitig verbinden, senkrecht, und zwar scheinen sie mit der letzteren Membran völlig verschmolzen, während sie von der Intima ziemlich leicht abgelöst werden können. Sie sind übrigens nur selten ganz gerade, sondern öfter stark geschlängelt. Man findet sowohl ganz isolirte Fibrillen als auch grössere Bündelchen davon. Ihre Dicke ist mit Ausnahme des oberen Endes, das ganz schmal zuläuft, an allen Stellen ziemlich gleich und beträgt bei 0·002 Mm. Ihr Aussehen ist homogen; doch sind sie äusserlich oft mit Protoplasma-Körnchen besetzt.

Gegen Reagentien zeigen sich unsere Fibrillen weit resistenter als selbst die Muskelfasern, sie erhielten sich selbst in kochender Kalilauge längere Zeit.

Die Einlagerungen von geformtem Protoplasma, die wir kurz als Bindegewebskörperchen bezeichnen wollen, sind sehr verschiedenartig: zum Theile kugelige Portionen, manche mit körnchenartigen Einlagerungen von verschiedener Grösse, zum Theil spindel- und wurstartige Gebilde, letztere oft von der Länge der Fibrillen selbst.

Im Wesentlichen dasselbe sah ich bei *Polynoë* (Fig. 3). Nur erschienen mir die Fibrillen hier in der Regel an beiden Enden etwas zugespitzt, also in der Mitte am dicksten und häufig ihrer

ganzen Ausdehnung nach von feinkörnigem Aussehen, wodurch sie sich auf den ersten Blick, abgesehen von ihrer relativen Zartheit, von den nur im Innern körnig getrübten glatten Muskelfasern unterscheiden. Über die Bindegewebskörperchen konnte ich hier nicht völlig ins Reine kommen, da es mir ungewiss blieb, ob gewisse zellartige Einlagerungen (*f''*) nicht vielleicht von zerstörten Zellen herrühren, was mir um so wahrscheinlicher ist, als von spindel- und wurstförmigen Massen hier nichts zu sehen war. Die Umwandlung des primären Zustandes ist hier und noch mehr bei der nächstfolgenden Art weiter fortgeschritten.

Auch die Fibrosa der *Aphrodite* hat ihre Eigenthümlichkeiten. Speciell ist hervorzuheben, dass die Fibrillen von den hügelartigen Anschwellungen der Stützenmembran (Fig. 1 *b'*) sich radienartig zwischen die Drüsen hineindrängen und gegen die Intima zu beträchtlich breiter werden. Sie messen hier bei 0·0024 Mm. Während sie mir gegen die Stützmembran zu etwas körnig erschienen, vermochte ich an dem mit gerader abgestutzter Basis fest an der Intima haftenden Theil keine Spur irgend einer Trübung zu entdecken. Bindegewebskörperchen konnte ich keine entdecken.

Was nun schliesslich die Hypodermis anlangt, so ist eine solche nur bei *Nereis* und *Nephthys* deutlich zu sehen. Beim ersteren Wurm verdient sie diesen Namen nach am ehesten, insoferne der an die Intima angrenzende Theil der Fibrosa sich von zahlreichen winzigen Protoplasmakörnchen erfüllt zeigt, die gegen die Basalmembran hin allmälig verschwinden (Fig. 4 *pr*). Auch bei *Nephthys* erstreckt sie sich beiläufig auf die innere Hälfte der Faserhaut (Fig. 8 *e*), und enthält hier ein schwarzes, grobkörniges Pigment, das durch Kalilauge sehr bald ausgezogen wird.

Da es auch Ehlers für wahrscheinlich hält, dass eine gewisse Beziehung zwischen den Darm- und Integumentallagen besteht, so möchte ich an eine bisher nur dem Namen nach bekannte Parallele zwischen der Fibrosa des Darmes und dem „subcuticulären Fasergewebe" der äusseren Haut erinnern. — Letztere besteht nach Ehlers[1] „aus parallel verlaufenden, senk-

[1] O. c. pag. XI.

recht zur Fläche der Chitinhaut stehenden Fasern oder aus solchen, die im Allgemeinen dieselbe Richtung haben, aber mehr oder minder netzartig mit einander verstrickt sind".

Wir kennen zwar dieses Gewebe nicht aus eigener Anschauung, weil wir es bei mehreren Anneliden vergeblich suchten, denken es uns aber nach dem Gesagten von ganz ähnlicher Constitution, wie etwa das Corium von *Priapulus* (am sogenannten Stammende) oder das von *Sipunculus*, welches nach unseren Untersuchungen auch hinsichtlich der von Ehlers übersehenen Bindegewebskörperchen in hohem Grade mit der Fibrosa des Anneliden-Oesophagus übereinstimmt. [1]

Muscularis.

Die Dicke der gesammten Muskellage übertrifft weitaus jene der übrigen Schichten. Während z. B. bei *Nephthys* Intima, T. intermedia und Peritoneum, zusammen beiläufig 0·15 Mm. Durchmesser haben, beträgt jener der Muskellage am mittleren Theil des Oesophagus fast 1 Mm.

Im Allgemeinen lassen sich dreierlei Faserlagen unterscheiden: 1. Das Hauptgerüst, bestehend aus horizontalen Fasern, die sich radienartig zwischen Subfibrosa und Peritoneum ausspannen (Fig. 1 *r*). 2. Die longitudinalen Muskelwände (*l*), die sich gleichfalls zwischen den genannten Schichten ausdehnen und etwa nach Art der radiären Korallensepten das früher genannte Muskelgerüste in eine entsprechende Anzahl von Theilen spalten. Es fallen diese Muskelsepten genau mit den Drüsenmeridianen zusammen und bestehen aus mehreren, mindestens acht Lagen von Fasern. 3. Die Ringfasern, bündelweise, in grösseren Abständen von einander die früheren Lagen durchziehend.

Über die durchwegs glatten Primitivfasern wüsste ich nichts Neues zu sagen; ihre Dicke ist eine ziemlich übereinstimmende und beträgt bei den von uns untersuchten Würmern im Mittel 0·003—0·004 Mm.

---

[1] Vergl. meine oben citirte Abhandlung, Fig. 2 u. 12.

Peritoneum.

Über die Grenzhaut erfahren wir durch Ehlers Folgendes:[1] „Die Leibeshöhle wird zunächst umgrenzt von einer Membran, welche die freie Oberfläche der Muskeln und vermuthlich aller Eingeweide bekleidet. Man kann diese Haut mit einem Peritoneum vergleichen, doch habe ich bisher den Namen dafür nicht verwenden wollen. Es ist von Bedeutung (?), dass die anscheinend structurlose Haut in vielen Fällen deutlich erkennbare Zellen oder Kerne besitzt."

Nach dieser Darstellung wäre die Natur unserer Grenzhaut allerdings sehr zweifelhaft; es hält indess durchaus nicht schwer, über diesen Gegenstand mehr zu erfahren. Die Dicke des Oesophagial-Peritoneums ist im Allgemeinen eine sehr geringe, da sie kaum jene der Subfibrosa übertrifft. Trotzdem ist sie, wie man sich beim Zerzupfen derselben überzeugt, von fast unglaublicher Zähigkeit, was sich aus ihrer eigenthümlichen Zusammensetzung erklärt.

Bei geringer Vergrösserung erkennt man auf ihr ein System theils gerader, theils etwas geschlängelter Linien, die sich rechtwinkelig durchkreuzen (Fig. 6), und zwar gewahrt man feinere und gröbere Linien. Die letzteren stehen in grösseren, nahezu gleichen Abständen von einander. Ich hielt sie schon beim ersten Anblick für die Grenzstriche faserartiger Gebilde. Das System feiner Linien, die zwischen je zwei gröberen verlaufen, deutete ich mir auf eine Zusammensetzung der erwähnten Fasern aus feinen Fibrillen.

Das ganze Bild hat sonach manche Analogie mit dem der Intimaoberfläche.

Die fibröse Natur der Grenzhaut wird einem noch wahrscheinlicher, wenn man die Ränder des Präparates ins Auge fasst, wo, namentlich unter der Einwirkung von Alkalien, die sonst hart aneinander gedrängten Fasern sich freier entfalten.

Vollständige Klarheit verschafft man sich darüber, wenn man möglichst feine Zupfpräparate bei sehr starker Vergrösserung untersucht. Da ergibt sich dann Folgendes:

---

[1] O. c. pag. XIII.

Das Peritoneum besteht meist aus zwei Elementarlamellen, jede derselben aus Fasern von beiläufig 0·027 Mm. Dicke (Fig. 7 *B*). Diese Fasern schliessen enge aneinander und sind im Allgemeinen ziemlich geradläufig. Die Fasern der einen Peritoneal-Lamelle stehen auf jenen der zweiten nahezu senkrecht.

Jede Faser besteht ihrerseits wieder aus einer ziemlich grossen Anzahl, mindestens 30, völlig homogenen und ihrer ganzen Länge nach durchaus gleich dicken unverzweigten Fibrillen von circa 0·0006 Mm. Breite.

Dass die letzteren nicht etwa blosse Streifungen der Fasern vorstellen, kann man, wie vielleicht an keinem zweiten Objecte, auf das Allerbestimmteste daran erkennen, dass sie gewöhnlich am Ende einer abgerissenen Faser, etwa in ähnlicher Weise wie an Nervenstämmchen aus dem Olfactorius nach dem Verlust ihrer Scheide, die Primitivfibrillen fächerartig entfalten. [1]

Aus dem Grunde hat man auch gar nicht nöthig, die Primitivfibrillen durch mechanische oder chemische Mittel zu isoliren.

Namentlich in chemischer Beziehung scheint übrigens unser Peritonealgewebe mit dem strenge so zu nennenden fibrillären Bindegewebe der Vertebraten nichts gemein zu haben.

Man bemerkt z. B. beim Zusatz von verdünnten Säuren keinerlei Aufquellen, desgleichen zeigt sich selbst nach mehrstündigem Kochen in Wasser die fibrilläre Structur noch fast eben so schön wie am frischen Gewebe.

Hingegen in morphologischer Beziehung findet sich eine Übereinstimmung auch darin, dass zwischen den Fibrillenbündeln zerstreute Bindegewebskörperchen vorkommen. Es sind das kernlose, gewöhnlich an beiden Enden schwanzartig ausgezogene grobkörnige Gebilde (*sh*) oft bis zu 0·07 Mm. Länge, die in der Regel aber erst nach sorgfältiger Zerzupfung der Haut zum Vorschein kommen, und dann, etwa durch Hämatoxylintinction, noch deutlicher gemacht werden können.

---

[1] Stricker, Handbuch der Gewebelehre, pag. 409, fig. 17 *c*.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Fig. 1. Horizontalschnitt durch den Oesophagus (*région oesophagienne* Quatref.) einer *Aphrodite aculeata* Lin. *i* geschichtete Intima, *f* Fibrosa, *b* Subfibrosa oder Stützmembran der ersteren, *D* Drüsen, *d* Follikel derselben isolirt und beiläufig in der Mitte abgerissen, *p* die ungemein dünnen Ausfuhrgänge derselben, *r* horizontale (Radiär-) Muskeln, *l* longitudinale Muskelsepten. (Der grösste Theil der Muscularis, sowie die äussere Grenzhaut derselben, das Peritoneum, sind weggelassen.) Vergr. 400.

Fig. 2. Völlig isolirte Intima von *Nephthys coeca* O. Fabr. *a* und *c* rechtwinkelig sich kreuzende Fibrillenstränge. *h* fensterartige Stellen, entsprechend den unter ihnen liegenden Drüsen, besetzt mit kleinen Rauhigkeiten, den umwallten Enden der feinen Drüsencanäle (*h'* eine derartige Rauhigkeit stärker vergr.) Vergr. 1100.

Fig. 2*. Darstellungen der fensterartigen Intimastellen. *a* bei hoher Einstellung, wo nur die Spitzen der Porenenden deutlich, dagegen die Liniensysteme der Intima nur schwach sichtbar sind; *b* bei mittlerer Einstellung, wo sowohl die Rauhigkeiten als die Liniensysteme am schärfsten erscheinen: *c* bei niedriger Einstellung, wo auch längere Strecken der schief verlaufenden Drüsencanäle zum Vorschein kommen. *d* idealer Querschnitt durch die innerste Partie der Intima, um die Beziehung der Drüsenkanäle zu den erwähnten Rauhigkeiten zu demonstriren. Bis Linie 1 geht die Einstellung für *a*, bis L. 2 für *b* und bis L. 3 für *c*.

Fig. 3. Kleine Partie aus der Fibrosa von *Polynoë* Sav. *f'* Fibrillen, *f''* geformte Protoplasmamassen (Bindegewebskörperchen). Vergrösserung 900.

Fig. 4. Dasselbe von *Nereis pelagica* L. sammt Intima (*i*), *pr* die unter ihr liegende „Belegmasse" oder Hypodermis (?). Stützmembran (*b*) hier ausnehmend zart. Vergr. 1000.

Tafel II.

Fig. 5. Längsschnitt durch den Oesophagus von *Nereis pelagica*. Bezeichnung wie oben. Vergr. 100.

Fig. 6. Stück Oesophagus-Peritoneum von *Aphrodite aculeata*. Vergr. 100.

Fig. 7. Zwei benachbarte Bindegewebs-Fibrillenbündel (*B*) von ebendaher isolirt. *B'* Primitivfibrille. *a* Doppelschwänziges Bindegewebskörperchen. Vergr. 400.

Fig. 8. Horizontalschnitt durch den Oesophagus von *Nephthys coeca* O. Fabr. *e* pigmentführende Protoplasmalage, *D'* Drüse, bei welcher die schlauchförmigen Follikel noch erhalten sind, *D* eine solche, wo diese zerstört und die darin enthaltenen Secretionszellen frei geworden sind. Vergr. 500.

Fig 1.

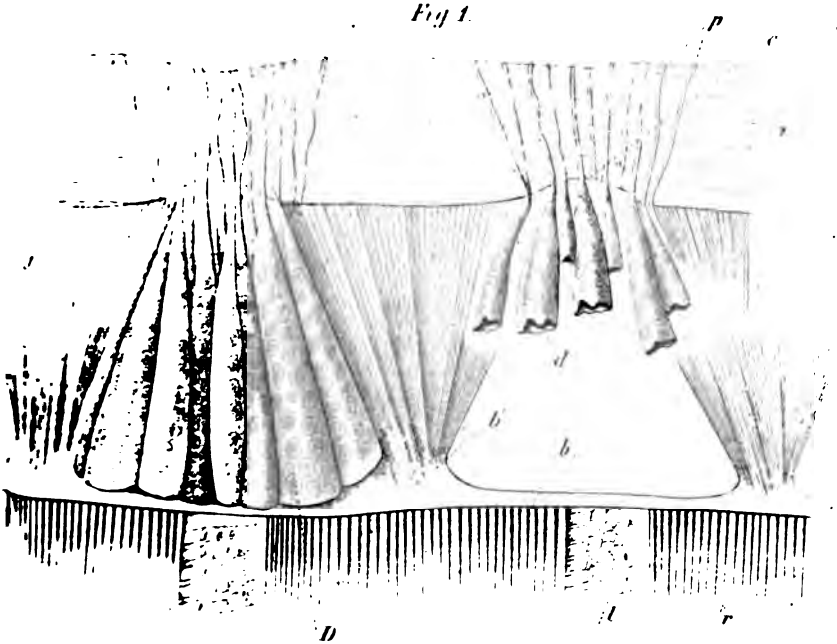


Fig 2.

Fig 4

Fig 3

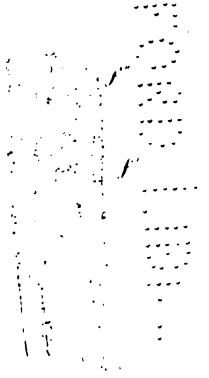


Fig. 5

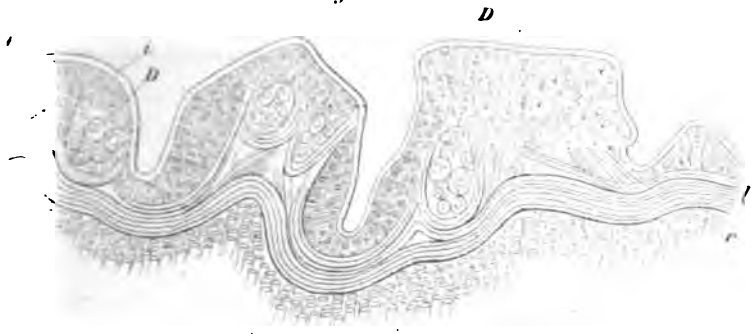
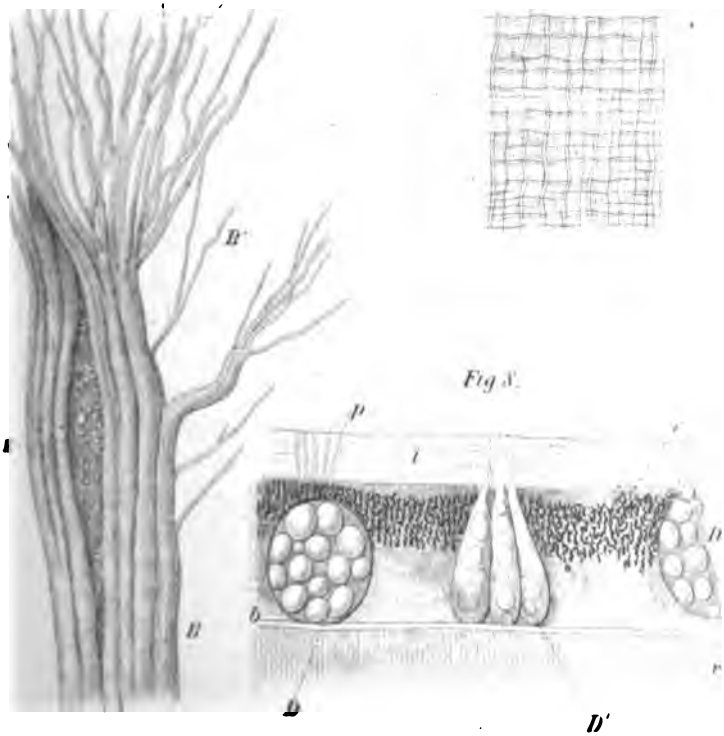


Fig. 7

Fig. 6



Über die Respiration von Landpflanzen.

Von Dr. **Jos. Boehm.**

(Vorgelegt in der Sitzung am 6. März 1873.)

Es war und ist eine in der neueren Pflanzenphysiologie oft ventilirte Frage, mittelst welcher Strahlen des Spectrums die Kohlensäure von grünen Pflanzen zerlegt werde.

Um mich über die diesbezüglichen Angaben aus eigener Erfahrung zu unterrichten, habe ich, mit allerdings sehr beschränkten optischen Mitteln, seit einer Reihe von Sommern eine grosse Anzahl derartiger Versuche zuerst in kohlensäurehältigem Wasser, später in kohlensäurehältiger Luft gemacht.

Bei der Insolation der Blätter in einer aus Kohlensäure und Wasserstoff bestehenden Atmosphäre unter einer Lösung von doppeltchromsaurem Kali habe ich constant gefunden, dass die Summe der unzerlegt gebliebenen Kohlensäure und des gebildeten Sauerstoffes nie vollständig der angewendeten Kohlensäuremenge entsprach.[1]

Dies veranlasste mich, die Zerlegung gasförmiger Kohlensäure durch grüne Blätter überhaupt einem möglichst sorgfältigen Studium zu unterziehen; denn nur dadurch, dass wir Schritt für Schritt jede Erscheinung bei diesem für alles organische Leben so fundamental wichtigen Processe verfolgen, und auf ihre Ursachen zurückführen, wird es uns vielleicht endlich gelingen, einen klareren Einblick in den bisher so räthsel-

[1] Boussingault (Compt. rend. T. 60, pag. 872, 1865) fand bei seinen Respirationsversuchen (mit Kirschlorbeer- und Eichenblättern) bald etwas mehr, bald etwas weniger Sauerstoff als von der Kohlensäure des Versuchsgases verschwand, und zwar sowohl bei Verwendung von reiner Kohlensäure als wenn diese mit Stickgas, Wasserstoff oder atmosphärischer Luft verdünnt wurde.

haften Vorgang der Sauerstoffbildung durch grüne Blätter zu gewinnen.

Die Verlässlichkeit jedes Untersuchungsresultates hängt von der angewendeten Versuchsmethode ab. Diese muss um so sorgfältiger geprüft werden, wenn das gewonnene Resultat neu ist oder gar mit bisher gegoltenen Ansichten im Widerspruche steht.[1]

Bei den in Rede stehenden Versuchen kommt es vor allem darauf an, die Menge der Kohlensäure vor, — dieser und des gefundenen Sauerstoffes nach der Insolation auf das genaueste zu bestimmen. Ich verfuhr dabei so:

Frisch abgeschnittene Fiederblätter von *Juglans regia* wurden unter Wasser von jedem adhärirenden Luftbläschen befreit zusammengerollt und bis auf den Grund von mit Wasser gefüllten Absorptionsröhren eingeschoben. Die Länge der letzteren betrug 20—22 Ctm., die der an ihren oberen und unteren Enden abgestutzten Blätter 10—13 Ctm.

Die Absorptionsröhren wurden dann in Behälter von hinreichender Grösse unter Wasser getaucht, vollständig mit der Tags zuvor bereiteten Mischung von Wasserstoff und Kohlensäure gefüllt, mit der Daumenfläche verschlossen und in die Quecksilberwannen übertragen. Nach beiläufig 15—20 Minuten wurde ein Theil des Gases in mit Quecksilber gefüllte Röhren übertragen und das Ergebniss der eudiometrischen Analyse derselben (der „Probe") mit der Analyse des in den Absorptionsröhren zurückgebliebenen Gases nach dem Versuche verglichen.[2]

Diese Methode ist wohl nicht absolut fehlerfrei, sichert aber bei sorgfältiger Durchführung doch Resultate von für unsere Zwecke

---

[1] In der Beschreibung meiner Versuche werde ich mich übrigens möglichst kurz fassen. Ich kann dies umsoeher, als die bei derartigen Versuchen zu berücksichtigenden Fehlerquellen etc. in einer Abhandlung von Dr. W. Pfeffer („Die Wirkungen des farbigen Lichtes auf die Zersetzung der Kohlensäure in Pflanzen", Arbeiten des botanischen Institutes in Würzburg, herausgegeben von Sachs) in einer sehr lichtvollen Weise beschrieben sind.

[2] Jene Röhren, welche bestimmt waren, dem Sonnenlichte oder im Dunkeln einer bestimmten Temperatur ausgesetzt zu werden, wurden mittelst passender Glasnäpfchen aus der Quecksilberwanne gehoben.

völlig hinreichender Genauigkeit. Ausserdem dass dadurch die Entwicklung von (dem Leben der Pflanzen so schädlichen) Quecksilberdämpfen verhindert wird, darf man wohl annehmen, dass die procentische Zusammensetzung der „Probe“ von der des in den Absorptionsröhren zurückgebliebenen Gases kaum merklich verschieden sei. Nach 15—20 Minuten dürfte die Luft in den Intercellularräumen des Blattes mit der neuen Atmosphäre nämlich ins Gleichgewicht getreten sein. Ebenso wird wohl auch das Gas der „Probe“ und das in den Versuchsröhren von dem zurückgebliebenen Wasser durch Absorption und Diffusion in sehr annähernd gleicher Weise alterirt werden.

Vor der Analyse musste das Gas natürlich vom Wasser befreit werden. Ich bewerkstelligte dies entweder durch wiederholtes Umleeren oder durch Überfüllung desselben in geeignete mit Quecksilber gefüllte Röhren, in welche sie dann eingeschmolzen wurden. Letzteres geschah dann, wenn ich wegen Mangel an Apparaten und Zeit nicht in der Lage war, die Analysen der betreffenden Gase unverzüglich vorzunehmen.

Wie schon oben bemerkt, habe ich bei den sorgfältigst ausgeführten Versuchen und Analysen nie eine vollständige Übereinstimmung zwischen dem Procentgehalte an Kohlensäure in dem angewendeten Gase v o r, und der Summe von Kohlensäure und Sauerstoff nach der Exposition gefunden. Wenn diese Differenz in der Regel auch nicht sehr gross war, so musste es doch auffallen, dass sie immer auf d e r s e l b e n Seite lag, und dies um so mehr, weil ungeachtet der Gegenwart von (Kohlensäure absorbirendem) Wasser die Summe der unzerlegt gebliebenen Kohlensäure und des gebildeten Sauerstoffes der angewendeten Kohlensäure gegenüber zu g r o s s ausfiel; in einzelnen Fällen betrug dieses Plus sogar zwischen 0.7 bis 0.8 CC.

Zur Erklärung dieser auffallenden Thatsache sind mannigfaltige Hypothesen denkbar.

Um zu erfahren, mit welchem Antheile an dem gefundenen Überschusse von Sauerstoff und Kohlensäure die in den Intercellularräumen und in dem Zellsafte[1] des Blattes enthaltenen

[1] Den Absorptionscoëfficienten des Inhaltes assimilirender Zellen für Gase kennen wir nicht; dass derselbe sich für Sauerstoff und

Gase vielleicht participiren, operirte ich bei den ferneren Versuchen blos mit reinem Wasserstoffgase, welches aus dem Entbindungsapparate directe in die mit Wasser und den Blättern gefüllten Versuchsröhren geleitet wurde, erhielt aber in den verschiedenen Fällen die buntesten Resultate. Die „Proben" enthielten kaum nachweisbare Spuren von Kohlensäure, nie aber Sauerstoff. Nach der Insolation fand ich stets eine geringe Menge von Kohlensäure, indess der Gehalt an Sauerstoff ein sehr variabler war. Bisweilen fehlte derselbe ganz (siehe Schluss der Abhandlung), meist waren nur Spuren vorhanden, in seltenen Fällen aber übertraf dessen Menge das Volumen des zum Versuche verwendeten Blattes. So stand ich denn vor einem scheinbar ganz unlösbaren Räthsel, bei welchem blos das zweifellos war: dass das als Überschuss gefundene Gas aus dem Blatte stammen musste.

Dies veranlasste mich, mein Augenmerk zunächst der in der Pflanze enthaltenen Luft zuzuwenden. Über die hierbei gewonnenen Resultate werde ich nächstens berichten; eine kurze diesbezügliche Mittheilung ist bereits in dem Anzeiger der kais. Akad. d. W. 1872 p. 164 abgedruckt.

Um die in den Pflanzen enthaltene Luft zu eudiometrischer Untersuchung zu gewinnen, bediente ich mich unter anderem der Torricellischen Leere. Es wurden Zweige oder Blätter an einem blanken weichen Eisendrahte befestiget, in überbarometerlange, mit Quecksilber gefüllte Eudiometer eingeführt. Anfangs entwichen aus dem Versuchsobjecte natürlich viele Luftblasen, aber zu meinem nicht geringen Erstaunen wollte die Gasentwicklung aus denselben gar kein Ende nehmen. Ein 8.7 Grm. schwerer Zweig entband innerhalb 4 Tagen 11·3 C. Ctm. Gas, welches grösstentheils von Kali absorbirt wurde.

Ich habe vor einer Reihe von Jahren gezeigt, dass in todten, unter Wasser getauchten Landpflanzen Buttersäuregährung auftritt. Es lag nun die Vermuthung nahe, dass ein Gleiches

---

Kohlensäure möglicher Weise ähnlich verhalte wie die Blutkörperchen, ist allerdings nicht wahrscheinlich, aber auch von vorneherein nicht ohne weiters als absurd zurückzuweisen. — Im Zellsafte sind auch kohlensaure Salze enthalten, welche entweder durch Aufnahme oder Abgabe von Kohlensäure die Quantität und Qualität des Versuchsgases etwas ändern können.

auch bei den in Rede stehenden Versuchen der Fall sei. Das Fehlen von Wasserstoff in dem entbundenen Gase spricht nicht gegen diese Annahme (bei gährenden Hülsenfrüchten wird anfangs ebenfalls meist nur reine Kohlensäure ausgeschieden), wohl aber der Umstand, dass die Gasentwicklung unter besagten Umständen *allsogleich* auftritt, während bei der Buttersäuregährung dies erst dann der Fall ist, nachdem die Objecte 2—3 Tage lang unter Wasser gelegen sind.

Um dem allfälligen Gedanken an eine Aufspeicherung von durch irgend welche Ursache im Pflanzenleibe verdichteter Kohlensäure zu begegnen, will ich nicht unerwähnt lassen, dass die Kohlensäureentwicklung auch sofort erfolgt, wenn die Pflanzen bei *gewöhnlichem* Drucke unter Quecksilber getaucht werden.

Wenn auch nicht wahrscheinlich, so wäre es doch auch nicht absolut unmöglich, dass in den Landpflanzen eine Substanz enthalten sei, welche mit Quecksilber oder Quecksilberdämpfen in Berührung sich irgendwie verändern und dabei Kohlensäure abspalten würde. Wurden jedoch *getrocknete* Zweige unter Quecksilber gebracht, so unterblieb bei gewöhnlichem Drucke die Gasentwicklung ganz, in der torricellischen Leere entwich nur eine der Grösse des Objectes entsprechende Luftmenge. Ein Gleiches war auch der Fall bei in kochendem Wasser oder einem Wasserdampfe getödteten Zweigen.

Nach diesen Ergebnissen konnte es nicht dem geringsten Zweifel mehr unterliegen, dass die beschriebene Erscheinung eine Function des Zelllebens der Versuchsobjecte sei.

Die Lebensprocesse sämmtlicher Organismen wickeln sich auf Kosten von Kräften ab, welche durch Oxydation organischer Stoffe geliefert werden. In der Luft oder im Wasser lebende Thiere[1] sterben in sauerstofffreien Medien unverzüglich. Von grünen Landpflanzen ist bekannt, dass sie im Dunkeln in sauerstofffreier Atmosphäre bald zu Grunde gehen, während sie sich unter Einwirkung des Lichtes lange erhalten können. Man setzt voraus, dass sie sich im letzteren Falle den zum Leben unent-

[1] Über die Art und Weise der Respiration von Eingeweidewürmern liegen, so viel ich weiss, keine Untersuchungen vor.

behrlichen Sauerstoff aus der in den Intercellularräumen vorhandenen Kohlensäure bereiten.

Eine von dem Vorhandensein freien Sauerstoffes unabhängige Existenz führen die Hefezellen. Herrn Dr. Adolf Mayer[1] gebührt das Verdienst, auch diesen Fall unter das allgemein als Existenzbedingung der Organismen geltende Gesetz gebracht und dadurch zugleich unsere Einsicht in das Wesen der Gährung ausserordentlich gefördert zu haben. Die Hefezellen schaffen sich die zur Vollziehung ihrer Lebensfunctionen nöthigen Kräfte durch „innere" Verbrennung, — bei der geistigen Gährung durch Spaltung des Zuckers in Kohlensäure und Alkohol.

In Folge der mannigfachen Untersuchungen von Hoffmann, Bail u. s. w., insbesondere aber durch jene von Reess ist bekannt, dass sämmtliche Pilze, welche die Alkoholgährung bewirken, sich auf geeigneter Unterlage an der Luft nicht nur cultiviren lassen, sondern nur in diesem Falle zur Fruchtbildung gelangen.

In Erwägung dieser Thatsachen schien es nun sehr wahrscheinlich, dass die Kohlensäureentwicklung aus lebenden Zweigen und Blättern unter Quecksilber nicht durch letzteres an sich, sondern nur deshalb veranlasst wird, weil in ihm die Pflanzen vom Sauerstoffe abgesperrt sind. Diese Vermuthung wurde auch durch den Versuch vollkommen bestätiget. Aus entrindeten Syringa-Zweigen erfolgt in sauerstofffreier Atmosphäre unter günstigen Temperaturverhältnissen eine recht lebhafte Entwicklung von Kohlensäure.[3]

---

[1] Adolf Mayer, Untersuchungen über die alkoholische Gährung. Poggendorf Annal. Bd. 142, p. 393, und Landw. Versuchs-Station, herausgegeben von Prof. Dr. F. Nobbe, Bd. 14, 1871.

[2] Man Reess, botanische Untersuchungen über die Alkoholgährungspilze, Leipzig, 1870.

[3] Meine Ansicht über die vollständige Analogie zwischen der Function von Hefezellen und der von beliebigen anderen lebenden Landpflanzen in sauerstofffreien Medien habe ich bereits im Anzeiger der kais. Akad. d. W. 1872, pag. 164, in folgendem Satze ausgesprochen: „Ob dabei auch Alkohol gebildet werde, müssen spätere Untersuchungen lehren." Nach einer Correspondenz von A. Henninger aus Paris (Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin, 1872) ist dies nicht mehr nothwendig. Pasteur hat bereits in unter Wasser getauchten

Mit diesem Ergebnisse war auch das oben erwähnte Räthsel über die Differenz zwischen der Kohlensäuremenge vor, — und der Summe des Kohlensäure- und Sauerstoff-Quantums nach der Insolation mit einem Schlage gelöst und die Provenienz des Überschusses in letzterem Falle aufgeklärt. Es wurden nun folgende Versuche gemacht:

Nachdem die mit grünen Blättern, Wasserstoff oder Kohlensäure gefüllten Absorptionsröhren in den Quecksilberwannen aufgestellt waren, wurde der Stand des Quecksilbers vorläufig notirt, das Gaszimmer verdunkelt und meist nach 30 bis 45 Minuten definitiv abgelesen. Dabei zeigte es sich ausnahmslos, dass das Gasvolum nicht nur nicht, wie es in Folge der Abkühlung der beim Zusammenstellen erwärmten Apparate normaler Weise hätte geschehen sollen, verkleinert, sondern im Gegentheile etwas vergrössert war. Die Absorptionsröhren wurden dann mittelst Glasnäpfchen aus dem Quecksilber gehoben, theils direct, theils unter schwarzen Tuchhüllen, während 6—7 Stunden dem Sonnenlichte exponirt, sodann wieder in das Gaszimmer übertragen und in der früheren Ordnung aufgestellt. Nach der während der Exposition verdunkelten Röhren wurde zur Ablesung, welche wegen der grossen Erwärmung während der Insolation nie vor einer Stunde erfolgte, ein schwarzes Tuch gebreitet.

Bei × Versuchsreihen, welche ich mit Blättern von *Juglans regia*, *Platanus orientalis*, *Fraxinus Ornus*, *Syringa vulgaris*, *Quercus Cerris*, *Acer Pseudoplatanus*, *Cydonia vulgaris* und *Salix fragilis* gemacht habe, war die Volumvergrösserung der Luft in den dem Lichte ausgesetzten Apparaten wohl eine sehr geringe, aber constante, während dieselbe in den verdunkelten Apparaten stets eine sehr auffällige war und nicht selten 4—5 CC. betrug.[1] Im ersteren Falle schafft sich die Pflanze die zu ihren

---

reifen Pflaumen und Rhabarberblättern Alkohol nachgewiesen. Die Respiration lebender Landpflanzen in sauerstofffreien Medien gleicht also vollständig jener der gewöhnlichen Hefezellen bei der Selbstgährung.

[1] Boussingault's Angaben über die Änderung des Gasvolumens in ähnlichen, aber zur Lösung anderer Fragen angestellten Versuchen stimmen mit meinen Beobachtungen nicht überein. So blieb z. B. bei einem am 17. August 1864 in reiner Kohlensäure gemachten Versuche das Gas-

Lebensfunctionen nothwendige Kraft durch innere Verbrennung unter Kohlensäurebildung nur so lange, bis aus dieser und der in dem Blatte enthaltenen Kohlensäure so viel Sauerstoff erzeugt wurde als zur normalen Respiration nothwendig ist. Diese Menge ist aber eine sehr geringe,[1] da die auf seine Kosten gebildete Kohlensäure neuerdings zerlegt wird u. s. f.

Es schien wahrscheinlich, dass unter sonst gleichen Bedingungen, die Menge der bei der inneren Athmung gebildeten Kohlensäure von der Grösse der Versuchsblätter[2] abhänge. Es zeigte sich jedoch bald, dass dies bei weitem nicht immer und nie vollständig der Fall ist.

So weit war ich mit meinen Untersuchungen bis zum Schlusse des Sommers 1871 gekommen. Die Ferienmonate der zwei folgenden Jahre benützte ich, um einige weitere Fragen, welche sich in Folge der bisher festgestellten Thatsache von selbst aufwarfen, zu beantworten. Die Zussammenstellung der Apparate wurde bei den meisten Versuchen gegen 7 Uhr Früh in Angriff genommen, so dass die Exposition gegen 9 Uhr beginnen konnte. Als Versuchsobjecte wurden ausschliesslich frisch gepflückte Fiederblätter von *Juglans regia* verwendet. Zur Bestimmung der Temperatur in den directe und in den unter einer undurchsichtigen Decke insolirten Apparaten wurden in zwei in gleicher Weise wie die Absorptionsröhren gefüllte kleine Glas-

volumen nach 10stündiger Insolation unverändert, während bei einem andern derartigen Versuche am 7. Juli 1864 in einer Mischung von Kohlensäure und atmosphärischen Gasen nach 4 Stunden eine Volumszunahme von 1·9 CC. beobachtet wurde. Compt. rend. tom. 69, pag. 872. Die durchgehends geringen Volumdifferenzen, welche Pfeffer bei seinen zahlreichen und musterhaft durchgeführten Versuchen in mit atmosphärischer Luft stark verdünnter Kohlensäure gefunden hat, sind in Bezug auf das ursprüngliche Volumen öfters negativ als positiv.

[1] In bereits ausgewachsenen Blättern scheint kein Sauerstoff fixirt zu werden, wie dies z.B. bei der Keimung der Fall ist.

Bei jedem der beschriebenen Versuche wurde die gebildete Kohlensäure mit Kali absorbirt und bei allen insolirten Apparaten nach Einlass von Knallgas in die Eudiometer auch auf die Gegenwart von Sauerstoff geprüft.

[2] Das Volumen der Versuchsblätter wurde durch Einschieben dieser in die über die Hälfte mit Wasser gefüllten Absorptionsröhren bestimmt.

cylinder kurze Thermometer eingeschoben und neben den ersteren aufgestellt. Bemerken will ich noch, dass mein Quecksilbertisch die gleichzeitige Analyse von 10 Gasen (nach der Bunsen'schen Methode) gestattet. Bei der grossen Anzahl der nothwendig gewordenen Versuche war eine solche Einrichtung unerlässlich.[1]

Die Resultate der Versuche und Analysen habe ich, vorzüglich aus typographischen Gründen, am Schlusse der Abhandlung tabellarisch zusammengestellt. Sämmtliche Gasvolumina sind auf eine Temperatur von 0° C. und auf 760 Mllm. Quecksilberdruck reducirt.

Die Tabelle I. enthält die Resultate einer Versuchsreihe von *Juglans*-Blättern in Wasserstoff an der Sonne unter Wasser.[2] Die Temperatur des Kühlwassers stieg bis 32° C., die in dem Rohre mit dem Thermometer (und somit wohl auch in den Absorptionsröhren) bis zu 33° C.

Die Vergrösserung des Gasvolumens während der Insolation[3]

---

[1] Jene Collegen, welche sich mit derartigen Untersuchungen beschäftigen, wissen, wie zeitraubend dieselben an sich sind und dass man einen Einblick in das Resultat einer Versuchsreihe erst nach mannigfachen Reductionen der bei der Ablesung gewonnenen Zahlen bekommt. Zudem habe ich in Folge der Reform der Handelsakademie nur sehr beschränkte, für die Fortsetzung mehrerer Untersuchungen aber gar keine Räumlichkeiten, keinen Diener oder sonst welche Unterstützung und wöchentlich eine Überzahl von Unterrichtsstunden!

[2] In den directe insolirten lufthältigen, mit Quecksilber abgesperrten Röhren steigt die Temperatur an heissen Sommertagen oft über 40° C. Um dies zu verhindern, wurden die Apparate dort, wo es nothwendig war, in mit Wasser gefüllte Glascylinder eingesenkt. Einem allfälligen Aufsteigen der Röhren wurde durch Einklemmen derselben in die Glasnäpfe mittelst Kork vorgebeugt.

[3] Unter allen Ablesungen bei den in Rede stehenden Untersuchungen erfordert die Bestimmung der Volumvermehrung während der Exposition wegen der relativ grossen Wassermenge in den Absorptionsröhren (1–2 CC.) die grösste Sorgfalt. Es vergrössert sich nämlich während der Exposition die kleine Wassersäule über dem Quecksilber in Folge des langsamen Ablaufens des Wassers an der Oberfläche des Blattes und an den Seitenwänden der Gasröhre bisweilen um einen Millimeter. Es versteht sich, dass die betreffende Grösse zur „oberen" Ablesung addirt werden muss, während dieselbe bei der Reduction des Gasvolumens auf

war in allen Fällen geringer als die Summe der gefundenen Kohlensäure und des gebildeten Sauerstoffes. Diese Differenz ist auch häufig viel zu gross, als dass dieselbe durch die aus den Blättern diffundirten Gase (Kohlensäure und Sauerstoff; der Stickstoff dieser Quelle ist in dem indirecte bestimmten Volumen des Wasserstoffes enthalten) erklärt werden könnte, zumal da die „Proben" nur Spuren von Kohlensäure und gar keinen Sauerstoff enthielten. Nichts erscheint aber nach dem oben angeführten natürlicher, als die Provenienz dieses bei allen derartigen Versuchen in sauerstofffreien indifferenten Gasen auftretenden „Überschusses." Es ist derselbe ein Product innerer Verbrennung während der Zeit nach der Einführung der Blätter in die Absorptionsröhren bis zur ersten Ablesung vor der Exposition. Ein geringer Antheil dieses Überschusses stammt aber auch aus den Intercellularräumen und dem Zellsafte des Versuchsblattes.

Die Tabelle II. enthält die Resultate einer gleichzeitig mit der vorhergehenden angestellten Versuchsreihe, bei welcher jedoch über die insolirten Apparate eine undurchsichtige schwarze Decke gebreitet wurde. Die Temperatur stieg hier nur bis auf 29·4° C. Die Volumvermehrung war in allen Fällen eine bedeutende, aber wie schon oben bemerkt, der Grösse des Blattes nicht proportional.

Die Menge der gebildeten Kohlensäure in sauerstofffreier Umgebung ist offenbar ein Mass für die Intensität der „inneren Verbrennung" lebender Blätter im Dunkeln. Es lag nun die Frage nahe, in wie weit dieselbe einerseits von der Natur des angewendeten Gases und anderseits von der Temperatur abhängig sei. Diesbezügliche Versuche zeigten, dass sich Kohlensäure, Kohlenoxyd und Stickstoff[1] ganz so verhielten wie Wasser-

---

einen bestimmten Druck natürlich in anderer Weise in Rechnung zu bringen ist.

[1] Bei den Versuchen mit Stickstoff erhielt ich anfangs, zu meiner nicht geringen Überraschung, sehr abweichende Resultate, doch bald löste sich der Widerspruch. Ich bereitete mir das Stickgas aus atmosphärischer Luft durch Absorption des Sauerstoffes mittelst blanker, feuchter Phosphorstücke. Obwohl diese mindestens 24 Stunden in den beiläufig

stoff, während sich Schwefelwasserstoff als tödtliches Gift erwies. In den mit diesem Gase gefüllten Apparaten erfolgte während der Versuchsdauer aus begreiflichen Gründen sogar eine geringe Volumsverminderung und nach $6^1/_2$ Stunden waren die Blätter grösstentheils missfarbig.

Von grossem Einflusse für die Menge der von *Juglans*-Blättern in Wasserstoff im Dunkeln gebildeten Kohlensäure erwies sich, wie es wohl auch vorauszusehen war, die Temperatur (Tabelle III, IV, V). Bei 5·7° C. ist die nach Abzug des Kohlensäure-Überschusses[1] auftretende Volumvergrösserung eine relativ sehr geringe.

Unter dem Gefrierpunkte des Wassers scheint die Function lebender Pflanzen gänzlich zu ruhen. Ein 6.41 Grm. schwerer Zweig von Syringa, welcher in einem geeigneten Glasapparate bei gewöhnlichem Drucke in langsam schmelzenden Schnee vergraben wurde, secernirte während 10 Tagen nicht eine einzige Gasblase. Nach Transferirung des Apparates in mein Arbeitszimmer wurden bei einer Temperatur von 9—18° C. während 4 Tagen 3·17 CC. Gas abgeschieden, welche von Kali bis auf einen kleinen Rest absorbirt wurden.

Bei den Versuchen, deren Resultate in der Tabelle I zusammengestellt sind, ist das Volumen des gefundenen Sauerstoffes in Anbetracht der Bedingungen seiner Bildung wohl auffällig, aber im Vergleiche zu jenen Mengen, welche ich bei mehreren früheren derartigen Versuchen ausnahmsweise fand, doch nur eine sehr geringe. Solche Ausnahmsfälle waren, wie es nun wohl zweifellos ist, offenbar jene, bei welchen ich durch irgend welchen Grund verhindert wurde, die zusammengestellten Apparate baldmöglichst dem Lichte auszusetzen. Die Tabellen VI, VII und VIII enthalten nun die Resultate jener Versuche, bei welchen die Apparate vor der Insolation absichtlich kürzere oder längere

50 CC. fassenden, mit Quecksilber abgesperrten Röhren verblieben, so fanden sich doch bei der eudiometrischen Analyse des rückständigen Gases in vielen Fällen noch 1—3% Sauerstoff.

[1] Dieser „Überschuss" wurde, wie schon früher bemerkt, im Gaszimmer in der Zeit nach der Zusammenstellung der Apparate und der ersten Ablesung gebildet; zum geringen Theile stammt er wohl auch aus dem Blatte.

Zeit im Dunkeln stehen gelassen wurden. Während in jedem der fünf Apparate (Tabelle VI), welche von der Insolation nur während 4 1/2 Stunden bei einer Temperatur von 21·4° C. im verdunkelten Gaszimmer verblieben, Sauerstoff gefunden wurde, war dies von den 10 Apparaten (Tabelle VII), welche durch 12 Stunden im Dunkeln verblieben, blos in 4, und bei den durch 15 Stunden verdunkelt gewesenen Apparaten (Tabelle VIII) gar nur in einem einzigen der Fall; in den übrigen dauerte auch nach der Insolation die Kohlensäurebildung noch fort. Es ergibt sich hieraus also die gewiss sehr bemerkenswerthe Thatsache, dass die Blätter nach mehrstündiger Aufbewahrung in sauerstofffreier Atmosphäre vorübergehend oder für immer die Fähigkeit verlieren, in dieser sauerstofffreien Luft Kohlensäure zu zerlegen, ohne dass sie aufgehört hätten zu leben. Sie fahren fort, sich die zu ihren Lebensfunctionen nothwendigen Kräfte durch innere Verbrennung zu verschaffen.

Die Versuche, deren Resultate in den Tabellen IX und X zusammengestellt sind, geben Aufschluss über die nun nahe liegende Frage: wie viel Kohlensäure von einem bestimmten Blatte durch innere Verbrennung überhaupt gebildet werde?

Diese Menge variirt in hohem Grade mit der Temperatur. Vom zweiten Tage ab erfolgte in keinem Apparate mehr eine nennenswerthe Volumszunahme, ja in einigen Fällen früher schon eine geringe Volumverminderung. (Diese ist offenbar bedingt durch Absorption gebildeter Kohlensäure von Seite des in den Röhren zurückgebliebenen Wassers. Vielleicht wurde ein geringer Theil dieser Kohlensäure auch zur Bildung von Doppelsalzen in den Zellsäften verbraucht.) Lebhaftere „innere Verbrennung" bedingt also nicht einen früheren Tod des Versuchsblattes.

Boussingault[1] fand, dass Oleanderblätter erst nach 48stündigem Verweilen in Kohlensäure, Stickstoff oder Sumpfgas im Dunkeln bei einer Temperatur von 22—23° C. die Fähigkeit verlieren, in einer Mischung von Kohlensäure und atmosphärischer Luft Sauerstoff zu bilden. In einem Falle wurde von einem Blatte, welches während 48 Stunden im Dunkeln in Wasser

[1] Compt. rend. tom. 61, pag. 605; 1865.

stoff aufbewahrt worden war, nach 5stündiger Insolation noch 2·6 CC. Kohlensäure zerlegt.

Aus diesen und den oben angeführten Versuchen folgt, dass Blätter, welche durch Aufbewahrung in indifferenten sauerstofffreien Gasen die Fähigkeit verloren haben, bei Abwesenheit von Sauerstoff Kohlensäure zu zerlegen, selbe in einer sauerstoffhältigen Atmosphäre noch besitzen und zwar so lange, als sie überhaupt leben, d. i. im Dunkeln in Folge innerer Verbrennung noch Kohlensäure bilden.

Um zu erfahren, in welchem Verhältnisse die von insolirten grünen Blättern zerlegte Kohlensäure und der von derselben in atmosphärischer Luft im Dunkeln consumirte Sauerstoff stehe, hat Boussingault[1] mehrere Versuche gemacht, auf welche ich hiermit verweise.

Die Frage: wie viel Sauerstoff von einem lebenden Organismus in einer bestimmten Zeit unter verschiedenen Verhältnissen zur Bildung von Kohlensäure verbraucht wird, ist von Seite der Pflanzenphysiologen noch wenig erörtert.

Lebende Pflanzen verbrennen bei ihrer Vegetation in sauerstoffhältiger Luft einen Theil ihres Leibes und schaffen sich so die für das Zellleben nothwendigen Kräfte. Es kann uns demnach die Menge der von einer lebenden Pflanze in einer gewissen Zeit gebildeten Kohlensäure füglich als Mass für die Intensität der sich in ihr abwickelnden Lebensprocesse gelten, wobei natürlich die Frage, ob diese Processe normale, d. i. die möglich lange Dauer des Lebens fördernde, oder krankhafte seien, unentschieden bleibt.

Von lebenden Pflanzen in sauerstofffreien Medien müssen diese Kräfte durch innere Verbrennung ausgelöst werden. Über die Grösse der hierbei gebildeten Kräfte und besonders darüber, in wieweit dieselben dazu dienen, die vegetabilische Maschine im Gange zu erhalten, fehlt uns jede Vorstellung.

In den Tabellen XI—XVIII habe ich die Ergebnisse jener Versuche zusammengestellt, welche ich mit Fiederblättern von *Juglans* in gemessenen Mengen atmosphärischer Luft bei verschiedenen Temperaturen, im Lichte und im Dunkeln, gemacht

[1] Compt. rend. tom. 60, pag. 877, et tom. 61, pag. 605; 1865.

habe. Die Consequenzen aus den mit vieler Sorgfalt gewonnenen Zahlen ergeben sich wohl von selbst[1]. Vor Allem fällt es in die Augen, dass bei einer Temperatur von 39·8° C. im Sonnenlichte, relativ viel, grösstentheils auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffes gebildete Kohlensäure gefunden wurde (Tabelle XI). In wie weit diese Kohlensäure aber als ein Product der Respiration oder Oxydation eines Theiles des bei der hohen Temperatur abgestorbenen Blattes zu betrachten sei, muss vorläufig unentschieden bleiben (das Blatt eines Apparates zeigte nach der Exposition mehrere braune Flecken). Gleichwol scheinen mir aber die Resultate der ganzen Versuchsreihe dafür zu sprechen, dass die Blätter von *Juglans* bei einer Temperatur von 39·8° C. nicht mehr die Fähigkeit besitzen, so viel Kohlensäure zu zerlegen, als durch den Respirationsprocess gebildet wird.

Aus den Tabellen XII und XIII scheint mir ersichtlich zu sein, dass für *Juglans regia* das Temperatur-Optimum im Sonnenlichte in der Nähe von 30° C. liege. — Der geringe Kohlensäure-Überschuss, welcher sich bei den Versuchen in zerstreutem Lichte vorfand, stammt, wie sich aus der fast unveränderten Sauerstoffmenge ergibt, grösstentheils aus den Versuchsblättern. Die Lichtintensität scheint bei dieser Versuchsreihe gerade ausgereicht zu haben, um die in Folge der Respiration gebildete Kohlensäure wieder zu zerlegen. Hierbei muss ich aber bemerken, dass mir bei meinen zahlreichen Versuchen im Laufe der Jahre nur zwei Fälle vorkamen, bei welchen von grünen Blättern in kohlensäurehältiger Luft auch die letzte Spur von Kohlensäure zerlegt wurde. Ähnliches fand auch Pfeffer in kohlensäurearmer Atmosphäre, während Boussingault relativ viele Fälle anführt, bei welchen in kohlensäurereichen Gasen alle Kohlensäure zerlegt wurde.

Von besonderem Interesse ist das Verhalten der *Juglans*-Blätter in atmosphärischer Luft bei niederer Temperatur. Während nämlich bei 6—10° C. im Sonnenlichte auf Kosten des

[1] Bei allen meinen Versuchen mit Juglans-Blättern in atmosphärischer Luft wurde das Gasvolumen, solange Sauerstoff vorhanden war, entweder gar nicht oder doch nur in soweit geändert, als die Ursache hierfür in den Absorption gebildeter Kohlensäure durch das in den Röhren vorhandene Wasser bedingt war.

Sauerstoffes sich konstant eine merkliche Menge von Kohlensäure bildete (Tabelle XV), wurde bei 9°—10° C. selbst in einer kohlensäurereichen Gasmischung bei directer Insolation noch ziemlich viel Sauerstoff erzeugt (Tabelle XIX). Die Annahme, dass bei einer niederen Temperatur und Gegenwart von relative viel Sauerstoff (Tabelle XV) durch die Respiration mehr Kohlensäure gebildet als bei Anwesenheit von wenig Sauerstoff (Tabelle XIX) zerlegt werde, wird durch die Versuchsresultate im Dunkeln in atmosphärischer Luft (Tabelle XVIII) unzulässig. Vielleicht ist der Widerspruch darin begründet, dass von *Juglans*-Blättern bei einem niederen Wärmegrade in einer Atmosphäre, welche sehr arm ist an Kohlensäure, diese nur mehr unvollständig zerlegt werden könne. Ich muss aber bemerken, dass mir auch diese Erklärung nicht sehr wahrscheinlich vorkommt.

Die Ergebnisse jener Versuchsreihen, welche mit *Juglans*-Blättern in atmosphärischer Luft im Dunkeln bei verschiedener Temperatur ausgeführt wurden, sind in den Tabellen XVI, XVII und XVIII zusammengestellt. Es wird daraus der grosse Einfluss des jeweiligen Wärmegrades auf die Intensität der Respiration ersichtlich. Dass in jenen Fällen, bei welchen während der Versuchsdauer viel oder aller[1] Sauerstoff verbraucht wurde, die gefundene Kohlensäuremenge der berechneten gegenüber zu gering ausfiel, ist der Hauptsache nach wenigstens, wie schon oben erwähnt wurde, durch die Kohlensäure-Absorption des in den Röhren zurückgebliebenen Wassers bedingt.

Um zu erfahren, ob und mit welchem Antheile beiläufig die in dem Blatte beim Beginne eines Versuches enthaltene Kohlensäure bei der Änderung der Qualität der Atmosphäre participirt, wurden in 3 Apparate der Versuchsreihe bei 5—7° C. im Dunkeln (Tabelle XVIII) je 3 kleinere Blätter gebracht. Wie aus

---

[1] Eine ganz ähnliche Erscheinung beobachtete auch Boussingault. Mehrere Oleander-Blätter, zusammen 95□ C. gross, wurden in 87·3 CC. atmosphärischer Luft eingeschlossen. Nach 30½ Stunden an einem dunklen Orte bei 22° aufbewahrt, war aller Sauerstoff (18·3 CC.) verschwunden, dafür 19·6 CC. Kohlensäure und 1·7 CC. Stickstoff entwickelt und dabei das Luftvolumen um 3·0 CC. vergrössert. Boussingault meinte, dass dieser Umstand auf eine beginnende Veränderung der Blätter hinzudeuten scheine. Compt. rend. tom. 61, pag. 605; 1865.

anderen Untersuchungen, die ich über die in den Geweben lebender Pflanzen enthaltene Luft gemacht habe, vorauszusehen war, wurde dadurch der Kohlensäuregehalt nicht unbedeutend vergrössert.

Schliesst man in gleicher Weise wie es bei den obigen Versuchen geschah, ein beiläufig 1·0 CC. grosses *Juglans*-Blatt bei einer Temperatur von 15—17° C. im Dunkeln in beiläufig 30—35 CC. atmosph. Luft ein, so bräunt sich dasselbe noch vor dem Verbrauche des vorhandenen Sauerstoffes und das Gasvolumen vergrössert sich dann (offenbar in Folge bereits eingetretener Gährung) nur mehr wenig; dasselbe ist der Fall, wenn der Versuch mit reinem Sauerstoffgase gemacht wird.

Es wird behauptet, dass die Menge der unter sonst gleichen Verhältnissen von thierischen Organismen exspirirten Kohlensäure mit dem Procentgehalte des Sauerstoffes der sie umgebenden Atmosphäre variirt. Ob Ähnliches auch bei ausgewachsenen *Juglans*-Blättern stattfinde, müssen weitere Untersuchungen lehren. Keimende Bohnen verzehren unter sonst gleichen Verhältnissen, wie ich hier vorläufig bemerken will, in reinem Sauerstoffgase nicht mehr Sauerstoff als in atm. Luft.

Es ist häufig nicht leicht zu entscheiden, ob die Kohlensäureentwicklung aus Pflanzentheilen in sauerstofffreien Medien in Folge von Buttersäuregährung oder innerer Verbrennung erfolgt. Ich habe seit dem Erscheinen meiner Abhandlung über die Gasentwicklung aus abgestorbenen Pflanzentheilen eine grosse Reihe derartiger Versuche gemacht, die ich aber aus Mangel an Zeit bisher immer noch nicht zum Abschlusse bringen konnte. Hier will ich nur vorläufig bemerken, dass Kohlensäurebildung einerseits in Folge innerer Verbrennung und anderseits bedingt durch Buttersäuregährung (im letzteren Falle ein sicheres Zeichen des bereits erfolgten Todes) sich selbst in verschiedenen Theilen desselben Objectes begleiten können. Sehr leicht kann man sich hiervon überzeugen, wenn man geschälte Bohnen auf einer feuchten Unterlage keimen lässt und dann in kohlensäurehältiges Wasser von 18—20° C. taucht. Nach kurzer Zeit entwickeln sich sodann zahlreiche Gasbläschen. (In einer

grossen Quantität gewöhnlichen Wassers unterbleibt diese Erscheinung entweder ganz oder wird doch minder auffällig; es ist nämlich die entbundene Kohlensäure von Wasser absorbirt.) Bringt man die Keimlinge nach 12 Stunden wieder an Luft und Licht, so wachsen sie ungehindert weiter, nur die Spitzen mancher Wurzeläste verfaulen. Nicht selten ertragen sie auch ohne auffallenden Schaden selbst einen 24stündigen Luftabschluss. Nach zweitägiger Immersion sind die Wurzeln sowie die Spitzen der jungen Stängel stets todt und die Cotylen ergrünen nur mehr stellenweise, während benachbarte Partien verfaulen. Dabei entwickeln sich meist die sonst latent bleibenden Axillarknospen der Samenlappen.

Bei meinen eingangs der Abhandlung erwähnten Versuchen über die Wirkung bestimmter Strahlen des Spectrums bei der Zerlegung der Kohlensäure durch grüne Pflanzen verwendete ich Lösungen von doppeltchromsaurem Kali und Kupferoxydammoniak. Ich verfuhr dabei ganz einfach: die mit Quecksilber abgesperrten Röhren wurden in Glascylinder gestellt, welche mit der einen oder anderen der gefärbten Flüssigkeit gefüllt wurden.

Unter Kupferlösungen einer solchen Concentration, dass durch eine 4 Ctm. dicke Schichte keine gelben und rothen Strahlen mehr durchgelassen wurden, erhielt ich Resultate, welche von denen der Versuche im Dunkeln nicht verschieden waren. In einem Wasserstoffgase oder in Mischungen von Wasserstoff und Kohlensäure wurde nie auch nur eine Spur von Sauerstoff gebildet; es erfolgte stets eine bedeutende Volumvergrösserung.

Am 7. August 1872 habe ich diese Versuche in einem grossen ovalen Cylinder von 25 respect. 41 Ctm. Durchmesser mit einer Lösung wiederholt, welche bei der spectroskopischen Untersuchung durch eine 4 Ctm. dicke Schichte noch viel gelbes und rothes, — durch eine 8 Ctm. dicke Schichte aber nur mehr Spuren von rothem Licht durchliess. 5 Apparate wurden in der Mitte längs des grösseren Durchmessers des Cylinders, und 5 in der Nähe der Wand desselben so aufgestellt, dass sich zwischen den Absorptionsröhren und der Cylinderwand eine 2—4 Ctm. dicke Flüssigkeitschichte befand. Die Insolation dauerte

von 9—4 Uhr; bei fast wolkenlosem Himmel stieg die Temperatur der Kupferlösung bis 29° C.

Die Resultate dieser Versuchsreihe finden sich in den Tabellen XX, XXI übersichtlich zusammengestellt. Es ist daraus ersichtlich, dass in den in der Mitte des Cylinders aufgestellten Apparaten, zu welchen nur eine sehr geringe Menge rother Lichtstrahlen gelangte, gar kein Sauerstoff, dem entsprechend aber viel Kohlensäure gebildet wurde. — Dass Pfeffer bei seinen Versuchen über die Kohlensäure zersetzende Kraft des Lichtes, welche durch eine Kupferlösung aller rothen und gelben und fast aller grünen Strahlen beraubt war, zu einem anderen Resultate kam, kann wohl nur darin seinen Grund haben, dass bei seinen Versuchsblättern in einer Mischung von Kohlensäure und atmosphärischer Luft die normale Respiration gar nie unterbrochen wurde.

Famintzin hat beobachtet, dass in einer entstärkten *Spirogyra orthospira* bei Lampenbeleuchtung schon nach 30 Minuten Amylumbildung erfolgte[1]. Dies veranlasste mich zu untersuchen, wie sich *Juglans*-Blätter im Gaslichte in einer Mischung von Kohlensäure und Wasserstoff oder in reinem Wasserstoffgase verhalten. Zu diesem Zwecke wurden in einem vollständig verdunkelten Zimmer zehn in einer Reihe aufgestellte Apparate auf jeder Seite durch 2 Schmetterlingsflammen aus 12 Ctm. hohen Candelabern, in einer Entfernung von 35 Ctm. beleuchtet. (Die Temperaturbestimmung wurde aus Versehen unterlassen.)

Nach 12 Stunden hatte sich in jeder Absorptionsröhre das Gasvolumen beträchtlich (um 3—5 CC.) vergrössert. Obwohl bei

[1] Famintzin verwendete das Licht einer Kerasinlampe, welches mittelst einer Sammellinse und einem sphärischen Refraktor bedeutend concentrirt und mittelst Wasser in einem Gefässe mit parallelen Wänden der meisten Wärmestrahlen beraubt wurde. Binnen 24 Stunden waren die Chlorophyllbänder mit Stärke erfüllt. „Die Erzeugung der Stärke geht nur unter dem vollen Lampenlichte und dem gelben vor; unter dem blauen wird dagegen nicht nur keine Stärke gebildet, sondern die schon vorhandene wird wie im Dunkel aufgelöst.“ Pringsheim's Jahrbücher für wissensch. Botanik, 6. Bd. p. 31.

einer so bedeutenden Kohlensäurebildung mit Bestimmtheit vorauszusehen war, dass kein Sauerstoff erzeugt wurde, so habe ich mich doch, da ich über die Wirkung künstlicher Beleuchtung bisher keine Erfahrung hatte, bei 5 Fällen der obigen Versuchsreihe durch Verbrennung mit Knallgas und bei den anderen 5 Fällen durch Einführung von Phosphorkugeln directe davon überzeugt. Es ist somit kein Zweifel, dass *Juglans*-Blätter unfähig sind, in irrespirabler Luft im Gaslichte von der angewendeten Intensität Kohlensäure zu zerlegen. Es muss aber dahin gestellt bleiben, ob dies auch bei Gegenwart von Sauerstoff der Fall ist[1].

Ueber die Amylumbildung in Pflanzen mit stärkefreiem Chlorophyll hat auch Kraus[2] sehr interessante Beobachtungen gemacht. Kraus fand nämlich, dass solche Pflanzen durch eine Lösung von doppeltchromsaurem Kali hindurchgegangenem Lichte ebenso rasch und energisch Stärke erzeugen, wie im vollen Tageslichte, dass aber auch weder bei einer Temperatur von nur 3° C. noch unter Einwirkung von Licht, welches durch eine Kupferlösung des gelben und rothen Antheiles entkleidet wurde, die Stärkebildung unterbleibt. Bezüglich der Schnelligkeit der Amylumbildung in stärkeleeren grünen Pflanzen gibt Kraus an, dass bei Spirogyra spec. dies im directen Sonnenlichte schon nach 5 Minuten geschehe.

Wenn man überlegt, wie wenig Kohlensäure von einem Chlorophyllkorne einer gesunden Pflanze während 5 Minuten oder auch 1½ Stunden selbst unter den günstigsten Umständen zerlegt, dass schon bei einer Temperatur von 10° C. die Sauerstoffbildung durch insolirte *Juglans*-Blätter eine sehr träge ist[3],

---

[1] Nach Prillieux entwickeln sich aus einem Zweige von *Elodea canadensis* auch unter der Einwirkung des Lichtes einer Gasflamme Luftblasen. Compt. rend. tnm. 69.

[2] Kraus, in Pringheim's Jahrb. für wissensch. Botomik, 7. Bd. pag. 511.

[3] Böhm, über die Bildung von Sauerstoff durch grüne in kohlensäurehältiges Wasser getauchte Landpflanzen; Sitzungsberichte d. kais. Ak. d. W. 66. Bd. 1872.

Boussingault, welcher bei seinen Versuchen nur die Absicht hatte, die niederste Temperatur kennen zu lernen, bei welcher die Sauer-

dass ferner dem durch eine hinreichend concentrirte Kupferlösung hindurchgegangenen Lichte jedenfalls nur eine sehr geringe Kohlensäure zersetzende Kraft zukommt, dass endlich das Kohlensäurequantum, welches nothwendig ist, um den Kohlenstoff für die unter den angeführten Umständen in so kurzer Zeit gebildete Stärke zu liefern, doch wohl wenigstens ein relative[1] bedeutendes genannt werden muss, so kann man sich ungeachtet der weiteren Versuche von Kraus über die Zunahme des Trockengewichtes der Cotylen während des Versuches schwer des Zweifels entschlagen, dass in den von Famintzin und Kraus beobachteten Fällen die sichtbar gewordene Stärke von der Kohlensäure stamme, welche erst soeben von dem früher stärkeleeren Chlorophyll zerlegt wurde.

In Anbetracht der angeführten, auf unseren factischen Kenntnissen über die Zerlegung der Kohlensäure fussenden Bedenken berechtigen die unerwarteten Versuchsresultate von Famintzin und Kraus, wie ich glauben möchte, vorläufig zu dem Schluss: dass in den stärkeleeren Zellen und zwar entweder in deren Inhalte oder Wandung eine organische Substanz vorhanden sei, welche zur Zeit ihrer früheren Function aus Kohlensäure und Wasser erzeugt, bei dem Stoffwechsel während des Lichtabschlusses oder Lichtmangels aber ihrer unvollständigen Assimilation wegen nicht weiter verwerthet werden konnte. Um die Form von Amylum annehmen, oder als Baustoff dienen zu können, müsste dieser hypothetische Körper noch weitere Metamorphosen erleiden, welche aber nur unter Einwirkung des Lichtes vor sich gehen könnten. Die hierzu unentbehrliche Wärme und Intensität und Qualität des Lichtes würde jedoch mit der zur Zerlegung der Kohlensäure erforderlichen nicht nothwendig zusammenfallen. Mit diesen Bemerkungen will ich

---

stoffbildung durch grüne Blätter beginnt, hat allerdings constatirt, dass, wenn man Gras- oder Lärchenblätter in Kohlensäure dem Lichte aussetzt, von einem mit den Blättern eingeschlossenen Phosphorstückchen die Nebelbildung schon bei 0·5°—3·5° C. erfolgt. Compt. rend. tom. 68, p. 410; 1869.

[1] Bei den Beobachtungen von Famintzin und Kraus befanden sich die Versuchsobjecte in ihren natürlichen Medien (in atmosphärischer Luft oder gewöhnlichem Wasser).

doch durchaus nicht sagen, dass die Folgerungen von Kraus, zu denen sich dieser Forscher selbst nur mit Widerstreben durch schwer wiegende Gründe bestimmen liess, unbedingt unzulässig seien. Ich meine nur, dass, um deren Richtigkeit über alle Zweifel festzustellen, noch weitere Versuche über die thatsächliche Assimilation von Kohlensäure bei unverzüglicher Stärkebildung in amylumfreien Chlorophyllkörnern nothwendig sind. Schon im vorigen Jahre hatte ich mir diese Aufgabe auf mein Ferienprogramm gesetzt, kam aber nicht dazu, es auszuführen.

Die unverzügliche Kohlensäurebildung frischer Landpflanzen in sauerstofffreier Atmosphäre ist eine so constante, dass aus der gleichbleibenden Quantität eines Gases, welches mit dieselben einschliesst, mit absoluter Nothwendigkeit folgt, dass in dem angewendeten Gase entweder Sauerstoff enthalten oder dass das Versuchsobject bereits todt ist.

Wie ich in vorstehender Abhandlung erwähnt habe, ist es mir in früheren Jahren dennoch häufig nicht gelungen, bei Versuchen in Wasserstoff mit grünen Blättern im Sonnenlichte, obwohl nach 6—7stündiger Insolation nur eine sehr geringe Vergrösserung des Gasvolumens stattgefunden hatte, Sauerstoff aufzufinden. Nach einiger Überlegung musste es mir aber zweifellos sein, dass die Ursache hierfür nur in dem bei der Analyse zur Verwendung gekommenen Knallgase liegen konnte.

Es ist wohl bekannt und speciell von Meidinger[1] eingehend untersucht, dass das aus stark angesäuertem Wasser entwickelte Knallgas in Folge der Bildung von Wasserstoffhyperoxyd überschüssigen Wasserstoff enthält. Nach Bunsen[2] erhält man aber aus zehnfach verdünnter Schwefelsäure reines Knallgas.

Ich entwickle das Knallgas vermittelst des von Bunsen angegebenen Apparates seit jeher aus nur mit einigen Tropfen chemisch reiner Schwefelsäure angesäuertem Wasser. Um die

---

[1] Meidinger, Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 88, pag. 57.

[2] Bunsen, Gasometrische Methoden, pag. 68, 69.

Reinheit dieses Gases zu prüfen, wurde dasselbe in einem Eudiometer mit Wasserstoff und in einem zweiten mit Sauerstoff in entsprechender Weise verdünnt und verbrannt. Eine Reihe derartiger Analysen zeigte, dass man auf diese Weise nur verhältnissmässig selten reines Knallgas erhält; bald ist dasselbe mit Wasserstoff, bald mit Sauerstoff verunreiniget. Das nach dem Auswaschen des Apparates (d. i. nach dem Vertreiben der atmosphärischen Luft aus demselben) aufgefangene Gas enthält überschüssigen Wasserstoff. Lässt man nach längerer Gasentwicklung den elektrolytischen Apparat 2—3 Tage verschlossen[1] stehen, so enthält das dann bereitete Gas überschüssigen Sauerstoff.[2]

Das Wasserstoffhyperoxyd zerlegt sich wohl schon theilweise bei gewöhnlicher Temperatur, vollständig aber bekanntlich selbst bei der Kochhitze des Wassers nicht, so dass man es durch Abdestilliren des letzteren in concentrirtem Zustande erhalten kann. Knallgas aber, welches man aus einem in ein Becherglas mit kochendem Wasser gestellten Apparate entwickelt, ist vollkommen rein; so bereitetes Knallgas verwende ich nun ausschliesslich bei meinen Analysen.

---

[1] Um bei den vielen Analysen, welche ich zu machen hatte, das wiederholte Auswaschen zu vermeiden, wurde das Ableitungsrohr desselben mit einer geeigneten kleinen Kautschukkappe unter Quecksilber verschlossen.

[2] Dieser Überschuss ist besonders beträchtlich, wenn der Apparat nun vor oder während seiner Verwendung in kochendes Wasser getaucht wird.

Tabelle I.

Versuche in Wasserstoff im Sonnenlichte unter Wasser, am 15. August 1871. Temperaturmaximum des Kühlwassers 32° C., in den Absorptionsröhren 33° C. Dauer der Exposition von 9 1/4 bis 3 1/2 Uhr.

Volumvergrösserung in CC.	Gefundene Kohlensäure in CC.	Gefundener Sauerstoff in CC.	Überschuss in CC.	Blattvolumen in CC.
0.115	0.156	0.273	0.314	1.38
0.205	0.185	0.128	0.108	1.69
0.216	0.254	0.319	0.357	1.57
0.319	0.297	0.165	0.143	1.55
0.368	0.301	0.173	0.106	1.25

Tabelle II.

Enthält die Resultate einer gleichzeitig mit der vorigen angestellten Versuchsreihe im Dunkeln. Die Temperatur stieg in der Röhre mit dem Thermometer unter der Tuchhülle nur auf 29·4° C.

Volumvergrösserung in CC.	Gefundene Kohlensäure in CC.	Kohlensäure-Überschuss in CC.	Blattvolumen in CC.
2.808	2.980	0.172	1.65
3.245	3.559	0.314	1.58
3.485	3.896	0.411	1.31
3.741	4.147	0.406	1.53
4.214	4.820	0.606	1.84

Tabelle III.

Versuche in Wasserstoff im Dunkeln bei einer Temperatur von 21° C., am 17. August 1871, von 9 bis 4 1/2 Uhr.

Volumvergrösserung in CC.	Gefundene Kohlensäure in CC.	Kohlensäure-Überschuss.	Blattvolumen.
1.872	2.166	0.244	1.50
2.106	2.651	0.545	1.43
2.244	2.730	0.486	1.69
2.527	3.053	0.526	1.58
3.305	3.968	0.663	1.64

Tabelle IV.

Versuche in Wasserstoff bei einer Temperatur von 16° C. im Dunkeln (in einem Keller), am 20. August 1872, von 9 1/4 bis 4 1/2 Uhr.

Volumvergrösserung in CC.	Gefundene Kohlensäure in CC.	Kohlensäure-Überschuss	Blattvolumen.
1.605	2.001	0.398	1.37
1.454	1.993	0.549	1.48
1.792	2.069	0.277	1.53
2.050	2.377	0.327	1.64
2.533	2.994	0.461	1.58

Tabelle V.

Versuche in Wasserstoff bei einer Temperatur von 6—7° C. im Keller unter Eiswasser, am 12. September 1872, von 9 1/2 bis 5 Uhr.

Volumvergrösserung in CC.	Gefundene Kohlensäure in CC.	Kohlensäure-Überschuss in CC.	Blattvolumen in CC.
0.749	0.997	0.248	1.42
0.858	1.219	0.361	1.36
0.964	1.341	0.377	1.47
1.266	1.752	0.486	1.66

Das Gas des fünften Apparates dieser Versuchsreihe ging beim Einschmelzen in eine Glasröhre verloren.

Tabelle VI.

Versuche in Wasserstoff, am 25. August 1871. Die Absorptionsröhren blieben nach der ersten Ablesung von 9 bis 1½ Uhr bei einer Temperatur von 21·4° C. im verdunkelten Gaszimmer stehen und wurden dann bis 4½ Uhr dem Sonnenlichte exponirt. Die Temperatur stieg hier bis 29° C.

Volumvergrösserung in CC.		Gefundene Kohlensäure in CC.	Gefundener Sauerstoff in CC.	Überschuss in CC.	Blattvolumen in CC.
In Dunkelheit	An der Sonne				
0.758	0.279	0.101	1.120	0.184	1.56
0.790	0.144	0.210	0.938	0.214	1.21
1.003	0.172	0.264	1.067	0.156	1.54
1.043	0.114	0.236	1.147	0.226	1.39
1.247	0.164	0.302	1.481	0.372	1.54

Tabelle VII.

Versuche in Wasserstoff, am 4.—5. September 1871. Die Absorptionsröhren blieben nach der ersten Ablesung bei einer Temperatur von 19—20° C. von 7 Uhr Abends bis 7 Uhr Früh im Gaszimmer und wurden dann unter Wasser, dessen Temperatur bis 30° C. stieg, bis 4 Uhr insolirt.

Volumvergrösserung in CC.		Gefundene Kohlensäure in CC.	Gefundener Sauerstoff in CC.	Überschuss in CC.	Blattvolumen in CC.
In Dunkelheit	An der Sonne				
1.104	0.169	0.402	1.201	0.310	1.53
1.969	0.143	0.521	1.869	0.378	1.37
2.341	0.307	0.652	2.646	0.650	1.22
2.253	1.186	2.661	1.368	0.590	1.37
1.806	2.733	4.833	—	0.294	1.46
2.452	1.930	5.088	—	0.706	1.56
2.640	3.091	6.139	—	9.428	1.25
2.906	2.183	5.362	—	0.373	1.19
2.935	3.921	7.553	—	0.697	1.37
3.022	2.275	5.862	—	0.565	1.33

Tabelle VIII.

Versuche in Wasserstoff, am 16.—17. August 1872. Die Absorptionsröhren blieben nach der ersten Ablesung bei einer Temperatur von 18—20° C. von 6 Uhr Abends bis 9 Uhr Früh im Gaszimmer und wurden dann bei ziemlich ungetrübtem Himmel bis 4 3/4 Abends directe insolirt. Die Temperatur in der Röhre mit dem Thermometer stieg bis 31.7° C.

Volumvergrösserung in CC.		Gefundene Kohlensäure in CC.	Gefundener Sauerstoff in CC.	Überschuss in CC.	Blattvolumen in CC.
Im Dunkeln	An der Sonne				
1.753	1.252	2.591	0.885	0.471	1.53
1.391	1.593	3.355	—	0.371	1.35
1.639	1.442	3.734	—	0.673	1.38
1.743	1.054	3.192	—	0.395	1.52
1.825	2.086	4.534	—	0.628	1.29
2.086	1.252	4.143	—	0.805	1.73
2.158	1.423	4.083	—	0.502	1.26
2.351	1.146	4.055	—	0.558	1.42
2.417	1.064	4.103	—	0.622	1.37
2.449	1.652	4.577	—	0.476	1.53

Tabelle IX.

Versuche in Wasserstoff im Dunkeln, am 10. und 11. August 1872 bei einer Temperatur von 19—21° C. Die Volumzunahme betrug:

von 8 1/2 Früh bis 6 1/2 Abends in CC.	Bis 8 1/2 Früh in CC.	Bis 6 1/2 Abends in CC.	Bis 8 1/2 Früh in CC.	Summe in CC.	Gefundene Kohlensäure in CC.	Blattvolumen
0.964	1.147	0.624	0.155	2.890	3.236	1.46
1.083	0.836	0.563	0.172	2.754	2.946	1.27
1.244	1.042	0.641	0.120	2.807	3,161	1.60
1.431	0.739	0.422	0.086	2.678	3.027	1.38
1.752	0.966	0.557	0.143	3.418	4.002	1.52

Tabelle X.

Versuche in Wasserstoff im Dunkeln, ebenfalls am 10. u. 11. August 1872. Die Apparate wurden an beiden Tagen nach der jeweiligen Ablesung von einer schwarzen Tuchhülle bekleidet dem Sonnenlichte ausgesetzt. Das Temperaturmaximum betrug hier am 10. August 31·4° C., am 11. August 29·7° C. Während der Nacht standen die Röhren in den Quecksilberwannen im Gaszimmer bei einer Temperatur zwischen 19 und 20° C. Die Volumvermehrung betrug:

Von 8½ Früh bis 6½ Abends in CC.	Bis 8½ Früh in CC.	Bis 6½ Abends in CC.	Bis 8½ Früh in CC.	Im Ganzen in CC.	Gefundene Kohlensäure in CC.	Blattvolumen in CC.
2.550	0.986	1.404	0.119	5.059	5.386	1.42
2.841	0.792	1.273	0.152	4.654	4.938	1.27
2.866	1.033	1.641	0.284	5.292	5.687	1.43
3.359	0.670	0.972	0.107	5.108	5.580	1.59
3.527	0.862	1.856	0.473	6.718	7.064	1.64

Tabelle XI.

Versuche in atmosphärischer Luft im Sonnenlichte, am 13. August 1872. Die Temperatur stieg in der Röhre mit dem Thermometer während der 7stündigen Insolation auf 39.8° C.

Angewendete Luftmenge in CC.	Procentgehalt nach dem Versuche		Summe von Kohlensäure und Sauerstoff in Procenten	Gefundene Kohlensäure in CC.	Blattvolumen in CC.
	an Kohlensäure	an Sauerstoff			
25.43	4.24	16.68	20.92	1.08	1.65
26.04	3.81	17.96	21.77	0.99	1.83
26.72	2.65	17.85	20.50	0.71	1.43
27.29	3.75	18.64	22.39	1.00	1.58*
28.42	3.17	18.25	21.42	0.90	1.76

* Das Blatt dieses Versuches zeigte nach der Exposition mehrere braune Flecken.

Tabelle XII.

Versuche in atmosphärischer Luft im Sonnenlichte unter Wasser, am 16. August 1872. Das Temperaturmaximum des Kühlwassers betrug während der 7stündigen Insolation 33.4° C.

Angewendete Luftmenge in CC.	Procentgehalt nach dem Versuche		Summe von Kohlensäure und Sauerstoff in Procenten	Gefundene Kohlensäure in CC.	Blattvolumen in CC.
	an Kohlensäure	an Sauerstoff			
27.26	0.90	19.65	20.55	0.25	1.44
29.43	0.00	29.81	20.81	0.00	1.68
33.28	0.69	20.20	20.89	0.23	1.53
35.72	0.65	20.05	20.70	0.23	1.57
40.74	0.52	19.95	20.36	0.21	1.32

Tabelle XIII.

Versuche in atmosphärischer Luft im Sonnenlichte unter Wasser, am 6. September 1872. Die Temperatur des Kühlwassers stieg während der $6^1/_3$stündigen Insolation auf 30.2° C.

Angewendete Luftmenge in CC.	Procentgehalt nach dem Versuche		Summe von Kohlensäure und Sauerstoff in Procenten	Gefundene Kohlensäure in CC.	Blattvolumen in CC.
	an Kohlensäure	an Sauerstoff			
19.16	0.19	20.01	20·20	0.04	1.40
23.22	0.00	21.00	21.00	0.00	1.35
24.38	0.58	20.72	21.30	0.14	1.54
26.25	0.00	21.23	21.23	0.00	1.62
28.41	0.16	20.68	20.78	0.05	1.25

Tabelle XIV.

Versuche in atmosphärischer Luft in zerstreutem Lichte, am 19. August 1872. Die Apparate wurden in der Mitte eines hellen Zimmers mit südlich gelegenen Fenstern aufgestellt. Die Temperatur betrug während der 6½stündigen Exposition 22—23° C.

Angewendete Luftmenge in CC.	Procentgehalt nach dem Versuche		Summe von Kohlensäure und Sauerstoff in Procenten	Gefundene Kohlensäure in CC.	Blattvolumen in CC.
	an Kohlensäure.	an Sauerstoff			
24.83	1.20	20.86	22.06	0.30	1.37
25.76	0.94	20.98	21.92	0.49	1.26
28.04	0.62	21.27	21.89	0.17	1.73
26.59	0.86	20.05	20.91	0.23	1.43
30.70	0.51	20.86	21.37	0.16	1.42

Tabelle XV.

Versuche in atmosphärischer Luft am Sonnenlichte unter Eiswasser, am 1. September 1872. Die Temperatur des Kühlwassers variirte während der 6stündigen Insolation von 5—10° C.

Angewendete Luftmenge in CC.	Procentgehalt nach dem Versuche		Summe von Kohlensäure und Sauerstoff in Procenten	Gefundene Kohlensäure in CC.	Blattvolumen in CC.
	an Kohlensäure	an Sauerstoff			
25.38	1.13	19.54	20.67	0.29	1.43
27.06	0.96	20.05	21.01	0.26	1.61
27.94	1.94	19.63	21.57	0.54	1.68
28.47	1.63	19.27	20.90	0.46	1.52
29.74	1.24	19.75	20.99	0.37	1.57

Tabelle XVI.

Versuche in atmosphärischer Luft im Dunkeln, am 26. September 1871. Die Temperatur stieg in den unter einer schwarzen Tuchhülle insolirten Apparaten bis auf 32·5° C. Bei zwei Apparaten (A) war nach 7stündiger Exposition noch etwas Sauerstoff vorhanden, bei den 3 übrigen (B) war am Schlusse des Versuches bereits aller Sauerstoff verschwunden und dem entsprechend auch eine Vergrösserung des Gasvolumens erfolgt.

A.

Angewendete Luftmenge in CC.	Procentgehalt nach dem Versuche		Summe von Kohlensäure und Sauerstoff in Procenten	Gefundene Kohlensäure in CC.	Blattvolumen in CC.
	an Kohlensäure	an Sauerstoff			
29.58	16.82	3.19	20.01	4.96	1.28
31.26	17.92	1.60	19.52	5.60	1.46

B.

Angewendete Luftmenge in CC.	Darin enthaltener Sauerstoff in CC.	Volumvergrösserung in CC.	Gefundene Kohlensäure in CC.	Fehlende Kohlensäure in CC.	Blattvolumen in CC. (je 2 Blätter).
23.68	4.964	1.860	5.472	1.352	2.74
24.53	5.039	0.803	4.864	0.978	2.25
24.88	5.206	1.116	5.189	1.133	2.91

Tabelle XVII.

Versuche in atmosphärischer Luft im Dunkeln, am 18. September 1871, bei einer Temperatur von 19—20° C. Versuchsdauer: 7 Stunden.

Angewendete Luftmenge in CC.	Procentgehalt nach dem Versuche		Summe von Kohlensäure und Sauerstoff in Procenten	Gefundene Kohlensäure in CC.	Blattvolumen in CC.
	an Kohlensäure	an Sauerstoff			
24.72	11.39	8.20	19.59	2.82	1.73
26.20	5.45	14.42	19.87	1.43	1.46
27.81	7.40	12.24	19.64	2.06	1.52
29.53	6.75	13.07	19.82	1.99	1.55
31.42	5.66	15.05	20.71	1.78	1.40

Tabelle XVIII.

Versuche in atmosphärischer Luft im Dunkeln, unter Eiswasser, bei einer Temperatur von 5—7° C., am 8. September 1872. Versuchsdauer: 7 Stunden.

Angewendete Luftmenge in CC.	Procentgehalt nach dem Versuche		Summe von Kohlensäure und Sauerstoff in Procenten	Gefundene Kohlensäure in CC.	Blattvolumen in CC.
	an Kohlensäure	an Sauerstoff			
24.85	6.84	16.23	23.07	1.70	3.27 3 Blätter
25.43	7.15	16.27	23.42	1.82	3.72 3 Blätter
26.79	6.32	16.51	22.83	1.69	3.58 3 Blätter
29.54	1.97	18.75	20.72	0.58	1.06
32.36	2.59	17.73	20.03	0.84	1.49

Tabelle XIX.

Enthält die Resultate von zwei Versuchsreihen, welche zu dem Zwecke gemacht wurden, um zu erfahren, ob in einer Mischung von Wasserstoff und Kohlensäure bei einer Temperatur von 9—10° C. unter Eiswasser im Sonnenlichte noch merkliche Mengen von Sauerstoff gebildet werden.*

Versuchszeit.	Angewendete Gasmenge (Kohlensäure und Wasserstoff) in CC.	Procentgehalt nach der Insolation an		Gebildeter Sauerstoff in CC.	Blattvolumen in CC.
		Kohlensäure	Sauerstoff		
23. August 1871 von 9½ bis 4 Uhr	20.05	17.97	9.38	1.880	1.42
	25.69	19.74	8.85	2.274	1.73
	28.57	14.37	11.25	3.214	1.26
	24.39	38.52	4.71	1.148	1.49
	23.27	41.25	3.46	0.805	1.37
	25.48	44.28	2.79	0.711	1.58
21. Juli 1872 von 9¼ bis 3½ Uhr.	20.84	38.26	2.87	0.598	1.46
	23.24	19.42	13.68	3.179	1.68
	21.37	18.43	8.57	1.831	1.37
	27.28	21.55	7.38	2.013	1.52
	26.08	42.51	3.06	0.800	1.46
	21.12	47.42	4.21	0.889	1.61

Tabellen XX und XXI.

Versuche in einer Mischung von Kohlensäure und Wasserstoff unter einer Lösung von Kupferoxydammoniak, welche durch eine 4 Ctm. dicke Schichte noch viel rothes und gelbes, durch eine 8 Ctm. dicke Schichte aber nur mehr Spuren von rothem und gelbem Licht durchliess. — 7. August 1872. — Die Insolation dauerte von 9—4 Uhr. Die Temperatur der Kupferlösung stieg bis 29° C.

---

* Diese Tabelle ist bereits in der oben citirten Abhandlung „Über die Bildung von Sauerstoff durch grüne etc." abgedruckt, die Gasvolumina aber wurden des leichteren Vergleiches wegen hier auf einen Druck von 760 Mllm. Quecksilber umgerechnet.

Tabelle XX. Die Apparate waren in der Mitte des Cylinders mit elliptischem Querschnitte längs des grösseren Durchmessers 8—9 Ctm. von der Wand desselben entfernt aufgestellt.

Kohlensäure-Procente der „Gasprobe".	Volumvergrösserung in CC.	Gefundene Kohlensäure in CC.	Angewendete Kohlensäure in CC.	Kohlensäure-Überschuss in CC.	Blattvolumen in CC.
28.63	3.108	10.940	7.461	0.372	1.64
29.70	3.533	11.990	8.002	0.455	1.38
30.06	2.151	8.591	6.203	0.237	1.52
30.47	2.822	10.162	6.825	0.515	1.44
32.01	1.885	9.280	7.171	0.224	1.27

Tabelle XXI. Die Apparate waren in der Nähe der Cylinderwand so aufgestellt, dass sich zwischen dieser und den Absorptionsröhren eine Flüssigkeitsschichte von 2—4 Ctm. befand.

Kohlensäure-Procente der Gasprobe.	Volumvergrösserung in CC.	Gefundene Kohlensäure in CC.	Gefundener Sauerstoff in CC.	Summe von Kohlensäure u. Sauerstoff in CC.	Angewendete Kohlensäure in CC.	Kohlensäure-Überschuss in CC.	Blattvolumen in CC.
30.95	0.365	6-714	2.185	8.898	8.345	0.533	1.56
31.07	0.217	7.531	4.270	11.701	11.319	0.582	1.38
32.51	0.275	6.877	5.146	12.023	11.496	0.527	1.64
33.68	0.166	5.314	5.325	10.639	10.045	0.594	1.42
34.17	0.318	8.379	2.808	11.187	20.543	0.644	1.52

Beiträge zur Kenntniss des Wachsthums der Pflanzen.

Von **Franz Krašan.**

(Fortsetzung und Schluss.)

III. Salix nigricans Fries.

Eine nicht unwesentliche Variation und Erweiterung erfahren jene an Colchicum gemachten Wahrnehmungen durch die folgenden Versuche, die ich in den drei letzten Wintern mit 1—2jährigen Zweigen von *Salix nigricans* (und etlichen anderen Holzpflanzen) in Krainburg angestellt habe. Die anfänglichen Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in der „Zeitschrift der österr. Gesellsch. für Meteorologie" 1871, Nr. 9, mitgetheilt worden, da sie aber zu den Resultaten der später fortgesetzten Experimente in engster Beziehung stehen, so dürfte eine Wiederholung derselben hier nicht unpassend sein.

Vorerst wollen wir bemerken, dass zu den nachstehenden Versuchen flaschenförmige Glasgefässe (mit engem Halse) von ungefähr 4 Liter Inhalt genommen wurden. Ich tauchte darin die eingebrachten Zweige mit dem dickeren Ende 5—6 Cm. tief ins Wasser (gewöhnliches Brunnenwasser von kalkigem Grunde) und hielt sie in offenem Behälter im Halbdunkel eines ebenerdigen Zimmers.

Im October 1870 eingebrachte Zweige von *Salix nigricans* und *S. fragilis* konnte ich auf keinen Fall im warmen Zimmer (bei 15—18°) zum Austreiben bringen. Es wollte sich in drei Wochen weder eine Knospe öffnen noch irgendwo eine Wurzel zum Vorschein kommen. Dasselbe war mit Zweigen von *Evonymus europ.* und *Prunus Padus* der Fall, welche 1 Monat lang bei derselben Temperatur im Zimmer behalten worden waren.

Auch im November, welcher damals ausnehmend feucht und lau war, wiederholte ich den Versuch mit *S. nigricans*, jedoch mit gleichem negativen Erfolge; und doch standen die Versuchszweige fortwährend unter dem Einflusse einer Temperatur von 18 bis 22°, so dass sie schon in zwei Wochen mehr positive Wärme empfingen, als sie im Freien vom 20. November bis Ende Februar empfangen hätten. Auch für hinreichende Befeuchtung wurde gesorgt, und zwar dadurch, dass von Zeit zu Zeit (alle Morgen und Abende) das Gefäss geschüttelt wurde, bis die Zweige gehörig nass waren.

Dennoch veränderten sich während dieser ganzen Zeit die Knospen nicht, sie blieben vielmehr wie zu Anfang klein und mager und würden sich, wenn ich die Zweige solange behalten hätte, auch in vier Wochen nicht geöffnet haben.

Als ich aber in den ersten Tagen des Decembers, nachdem einige bedeutende Fröste eingetreten waren, etliche Zweige derselben Pflanze *(S. nigric.)* von demselben Strauche nahm und in obiger Weise einer Temperatur von 18 bis 22° aussetzte, öffneten sich einzelne Knospen schon nach 10 Tagen, und fast gleichzeitig erschienen mehrere Wurzeln an den eingetauchten Theilen; eine Wurzel brach sogar hoch oben am Halse des Gefässes hervor.

Alle Knospen, welche sich anfangs öffneten, waren Blattknospen. Von den Blüthenknospen blieb relativ eine viel grössere Zahl geschlossen als von den Blattknospen; von den ersteren öffneten sich durchschnittlich nur $^1/_{20}$, von den letzteren aber mehr als $^1/_4$. Liess ich aber die Zweige bei niedrigeren Temperaturen (bei 9—10°) treiben, so brachen alle Knospen des Zweiges (allerdings sehr langsam) auf, und es blieb selbst von den kleinsten und scheinbar unvollkommensten keine geschlossen.

Nach solchen Wahrnehmungen wollte ich eine genauere Besichtigung der Knospen von *S. nigric.* im Freien nicht unterlassen. Da bemerkte ich gegen meine Erwartung, dass dieselben im Laufe der zweiten Hälfte des Decembers merklich grösser und geschwollener geworden waren, ungeachtet die Temperatur im ganzen December nie über + 6° im Freien gestiegen war und

(neblige) Tage mit Temperaturen über 0 selten waren. Im Jänner, welcher fast durchgehends sehr kalt war, schwollen die Knospen noch mehr an, einzelne fand ich sogar schon aufgesprungen, und als ich einige Zweige dem obigen Versuche (bei + 15°) unterzog, öffneten sich mehrere Knospen noch früher als im vorhergehenden Falle, nämlich schon nach 7 Tagen.

Auch diesmal waren die aufgebrochenen Blattknospen zahlreicher vertreten als die Blüthenknospen.

Den 5. Februar eingebrachte Zweige von *Evonymus europ.* und *Prunus Padus* begannen (bei 15°) bereits in 6 Tagen zu treiben. An Zweigen von *Salix nigr.*, mit welchen ich noch später (den 23. Febr.) denselben Versuch vornahm, barsten die Knospen in 4 Tagen und zwar Blatt- und Blüthenknospen in grosser Anzahl.

Ich hatte die Zweige nur einmal, nämlich beim Einlegen, durch Schütteln des Gefässes ganz nass gemacht. Bald überzeugte ich mich aber, dass diese Massregel, die ich bisher zur Sicherung des Resultates für unerlässlich gehalten hatte, indem ich bei Temperaturen von 18 bis 22° das Eintrocknen der nicht im Wasser stehenden Zweigtheile befürchtete, auch vernachlässigt werden kann (natürlich müssen alle Objecte gleich behandelt werden); denn als ich in den ersten Tagen des Monates März Zweige der oben genannten Holzpflanzen zum Versuche benützte, welche nicht ganz im Gefässe Platz fanden und 8—17 Ctm. weit aus dem Halse desselben hervorragten, barsten die Knospen doch auch an den äussersten, scheinbar trockenen Theilen der Zweige und entfalteten sich so gut wie jene innerhalb des Gefässes, in welchem das Wasser 6 Cm. hoch stand.

Bemerkenswerth ist die Thatsache, dass sich gegen Ende des Winters (kurz vor dem Ausschlagen) eingebrachte Zweige von *S. nigr.* vor dem Erscheinen der Wurzeln im Zimmer belaubten. Die jungen Blätter waren anfangs schon, auch wenn die Objecte im Dunkel gehalten wurden, grün, insbesondere wenn die Knospen bei 10—15° aufbrachen), und nur wenig kleiner als unter den günstigsten Verhältnissen. Ich habe die Versuche diesen Herbst und Winter wiederholt.

1. Versuch. Zu Anfang des Monates October (1872) hatte ich 12 gleich alte Zweige (der untere Theil zweijährig) von

S. nigricans von einem Strauche am Ufer der Save bei Krainburg abgeschnitten. Die Blätter daran waren noch grün, die Knospen wenig geschwollen und am Rücken über dem Polster grünlich, also noch nicht gereift; auch lösten sich die Blätter nicht leicht ab.

Von den zwölf Zweigen (an denen ich die Blätter liess) wurden vier in ein offenes cylindrisches Gefäss aus Glas (23 Cm. hoch, 6 Cm. weit), worin Wasser 5 Cm. hoch stand, getaucht; vier andere kamen in ein zweites gleiches Gefäss mit gleich viel Wasser und die übrigen vier versetzte ich in ein drittes gleiches mit eben so viel Wasser. Das hiezu verwendete Wasser war Brunnenwasser von kalkigem Grunde.

Nun blieben die zwei ersteren Gefässe mit den darin enthaltenen Versuchsobjecten zunächst 2 Wochen lang in einem ebenerdigen Zimmer bei 15°.

Schon nach 10 Tagen hatte sich in dem einen Gefässe, das wir mit Nr. 1 bezeichnen wollen, an dem eingetauchten (unteren) Theile eines Zweiges eine Wurzel gezeigt. Sie erreichte in 5 Tagen eine Länge von 2 Cm., wuchs aber von da an nicht weiter, und es zeigte sich mittlerweile auch nirgends sonst eine zweite Wurzel, obschon ich am 15. October das Gefäss hinter den geheizten Ofen gestellt hatte, an einen Ort, dessen Temperatur täglich zweimal zwischen 16 und 28° wechselte.

Um die Zweige vor dem theilweisen Austrocknen zu schützen, wurden dieselben von oben her mehrere Male des Tages bespritzt.

Ich unterliess auch nicht, um das Wasser möglichst gleichmässig auch in die obersten Theile der Zweige eintreten zu lassen, das Gefäss von Zeit zu Zeit zu schütteln, bis die Zweige gehörig nass waren. Übrigens hatte ich mich durch einen Nebenversuch überzeugt, dass auch ohne diese Behandlung in den obersten Theilen der Objecte, die 2—10 Cm. weit aus dem Gefässe hervortraten, Wasser in reichlicher Menge vorhanden war, indem schon bei gelindem Pressen mit den Fingern am Querschnitte des Zweiges Wassertröpfchen erschienen. In der Folge prüfte ich die Versuchszweige öfter in dieser Weise, um die Menge ihres überschüssigen Wassers, welches für die Neubildungen in den vorliegenden Fällen unerlässlich zu sein scheint, beurtheilen zu können.

Bis Ende October blieb das Gefäss Nr. 1 an der oben bezeichneten Stelle; allein es fand darin weder eine weitere Wurzelbildung, noch eine Schwellung oder Entfaltung der Knospen statt. Mit Anfang des Monates November brachte ich die Versuchsobjecte in ein Zimmer mit 12—15 ° Temp. und behielt sie darin bis 8. December; da sie indessen auch hier kein Lebenszeichen von sich gaben, so machte ich von ihnen später keinen Gebrauch mehr.

Das Gefäss Nr. 2 behielt ich von Mitte bis Ende October in demselben ebenerdigen Zimmer wie Nr. 1, jedoch fern vom Ofen, bei 15—17 °. In dieser Zeit hatte sich zwar eine Knospe ausserhalb des Wassers geöffnet, entwickelte sich aber nicht weiter. Von Wurzeln waren nur hie und da schwache Anfänge zu bemerken, verschwanden aber bald wieder. Auch während des Monates November, als die Versuchspflanzen unter dem Einflusse einer Temperatur von 12—15° neben Nr. 1 standen, konnte ich keine Neubildung wahrnehmen.

Ein anderes Resultat ergab Nr. 3. Ich hatte das Gefäss gleich anfangs in ein Zimmer gebracht, worin die Temperatur während des Monates October auf 15—16° stand. Am 15. October erschienen mehrere Wurzelanlagen an den eingetauchten Theilen der Zweige. Sie entwickelten sich zwar langsam, aber stetig weiter, und am Ende des Monates hatte die älteste Wurzel 2·5 Cm. Länge. Im November war die Temperatur des Locales 12—15°. Am 7. November hatte 1 Zweig 6 Wurzeln, ein zweiter 3 und ein dritter 1 Wurzel (welche später 4 Cm. lang wurde). Aber nur beim ersteren Zweige kam es zur Entwicklung einer Knospe. Zu Anfang des Monates November bemerkte ich nämlich, dass sich eine der unscheinbarsten Knospen ganz unten nahe an der Schnittfläche des eingetauchten Zweigtheiles geöffnet hatte. Sie entfaltete sich allmälig weiter und bildete im Laufe des Novembers einen etwas etiolirten blassgrünen 4 Cm. langen Spross, welcher nur mit der Spitze aus dem Wasser hervorragte. Allein mit Ende November hörte sowohl bei der neugebildeten Sprosse, als auch bei den Wurzeln das Wachsen auf, und von da an gaben die Zweige kein Lebenszeichen mehr von sich.

2. Versuch. Am 31. October habe ich wieder 9 Zweige von *S. nigr.* von demselben Strauche abgeschnitten. Die Blätter

waren nun gelblich und lösten sich leicht vom Zweige ab; doch waren die Knospen noch nicht recht braun gefärbt. Während des Monates October war die Witterung im Ganzen mild gewesen, nur an zwei Tagen hatte sich am Morgen (spärlicher) Reif gezeigt.

Fünf Zweige kamen in ein gleiches Gefäss mit ebensoviel Wasser wie oben; ich stellte sie in demselben ebenerdigen Locale nahe zum geheizten Ofen, wo bei täglich zweimaligem Heizen 3 Wochen lang eine Temperatur von 20—30° auf sie einwirkte.

Schon nach 10 Tagen erschienen Wurzelanlagen an den untergetauchten Theilen der Zweige. Am 10. November bemerkte man an 3 Zweigen 1—4 Mm. lange Würzelchen, und am folgenden Tage kam noch ein vierter Zweig mit Wurzelbildung dazu. Am 15. Novemb. zählte ich im Ganzen 12 Wurzeln, die auf 4 Zweige vertheilt waren. Der an Wurzeln reichste Zweig hatte an diesem Tage 6, 1—3 Cm. lange Wurzeln entwickelt.

Nun bemerkte ich (den 15. November) zugleich, dass 3 Blattknospen aufgesprungen waren, nämlich 2 an einem Zweige tief unter dem Niveau des Wassers und 1 an einem andern Zweige, 10 Cm. über dem Wasserspiegel. Beide Zweige hatten Wurzeln. Am 17. November zählte ich an allen 5 Zweigen bereits 17 Wurzeln und 8 geöffnete Knospen, sämmtlich Blattknospen und, mit Ausnahme einer einzigen, im Wasser gelegen.

Am 22. November rückte ich die Versuchspflanzen vom Ofen weg und behielt sie von da an bei 15—17°. Nun waren die Wurzeln und geöffneten Knospen am 11. December folgendermassen auf die 5 Zweige vertheilt:

Zweig	Gesammtzahl der Knospen	Längste Wurzel	Gesammtlänge der Wurzeln	Zahl der geöffneten Knospen	Längen der Triebe
Nr. 1	42	4½ Cm.	30 Cm.	3	9, 6 u. 1 Cm.
Nr. 2	29	5 Cm.	11 Cm.	1	2½ Cm.
Nr. 3	40	7 Cm.	30 Cm.	1	7½ Cm.
Nr. 4	33	4½ Cm.	21 Cm.	2	6 und 4 Cm.
Nr. 5	33	3½ Cm.	6 Cm.	2	6½ und 1½ Cm.

Beim Zweig Nr. 2 war eine der Wurzeln am Grunde fiederig verästelt; Nr. 3 hatte sogar 3 fiederig verästelte Wurzeln. Die ersten 3 Wochen stand das Gefäss an einem halbdunkeln Orte, am 22. Nov. brachte ich es aber in die Nähe eines Fensters, durch welches von Nord her zerstreutes Licht in das Zimmer eintrat. Hier hatten sich jene 9 geöffneten Knospen zu den 1·5 bis 9 Cm. langen Trieben entwickelt. So weit diese ausserhalb des Wassers standen, waren sie nicht merklich etiolirt: die Blätter zeigten eine ganz regelmässige Serratur und waren mit Nebenblättern versehen. Hingegen hatten die ganz untergetauchten Triebe ein völlig abnormes Aussehen, indem die Internodien übermässig verlängert waren, während die Blätter ganz klein und schuppenförmig (ohne Serratur) blieben.

Merkwürdigerweise hatte sich seit dem 20. Nov. keine Knospe mehr geöffnet. So standen z. B. am Zweig Nr. 3 nicht weniger als 7 Knospen unterhalb des wachsenden Triebes über dem Wasser, ohne dass ein Fortschritt an denselben zu bemerken gewesen wäre. Die Wechselwirkung also, welche zwischen den Wurzeln und dem wachsenden Triebe bestand, liess die zwischenliegenden Knospen unberührt.

Vier andere Zweige hielt ich aber von Anfang (31. Oct.) an in einem anderen Zimmer bei 11—13°. Allein erst am 1. December begann 1 Zweig eine Wurzel zu treiben, welche in 7 Tagen 4 Cm. lang wurde, und 8 Tage später entwickelte ein anderer Zweig 2 Wurzeln, die sich ebenfalls ziemlich rasch verlängerten. Am 27. December hatte der eine Zweig 6 Wurzeln, ein zweiter hatte 1, ein dritter auch nur 1 und der vierte hatte noch gar nicht getrieben. Die längste Wurzel mass 9 Cm. und war am Grunde fiederästig. Demungeachtet war bis zu diesem Tage noch keine Knospe aufgesprungen und hatten sich weder an den eingetauchten noch an den übrigen Theilen der Zweige Adventivknospen gebildet.

3. Versuch. Am 6. November wurden mehrere Zweige derselben *Salix*-Art in ein geräumiges Glasgefäss gebracht, mit Wasser gut befeuchtet und mit einem Deckel, welcher in der Mitte ein Bohrloch hatte, bedeckt. Das Ganze blieb in einem Locale zu ebener Erde bei 15—18°. Zur Verhütung des Schimmels lüftete ich das Gefäss täglich ein- oder zweimal. Am Boden und

an der Innenwand blieben einige Tropfen Wasser, die ich zur besseren Befeuchtung der Luft im Gefässe beibehielt. Zu jeder Zeit war darin die Luft mit Dünsten gesättiget und die Zweige gaben am Querschnitt an den Enden bei gelindem Drucke mit den Fingern Wassertropfen von sich. Ich konnte daraus entnehmen, dass sie zur Genüge mit überschüssigem Wasser imprägnirt waren; allein dennoch habe ich bis zum 18. November kein Lebenszeichen an ihnen wahrgenommen.

Etliche andere Zweige stellte ich nahe zum Ofen, an eine Stelle, deren Temperatur täglich zweimal zwischen 16 und 28° wechselte. Das Gefäss, in dem sie eingeschlossen waren, hatte dieselbe Grösse und Form wie oben, und war auch in gleicher Weise mit einem in der Mitte durchbohrten Glasdeckel bedeckt. Um aber das Austrocknen der Versuchszweige möglichst zu vermindern, wurde ein mit Wasser getränkter Badeschwamm in der Mitte befestiget. Hierdurch wurde bewirkt, dass der Raum im Gefässe zu jeder Zeit mit Dünsten gesättiget war und die Zweige überschüssiges, durch Druck leicht nachweisbares Wasser enthielten. Am 16. November, also nach 10 Tagen, bemerkte ich unten nahe am Boden an einem Zweige die Anlagen dreier Wurzeln. Dieselben entwickelten sich wirklich in zwei Tagen zu 7—10 Mm. langen Würzelchen; doch welkten diese bald ab und an ihrer Stelle erschienen keine Wurzeln mehr.

Bis zum 21. November ergaben weder die einen noch die anderen Versuchszweige ein weiteres positives Resultat, und da der Schimmel an denselben trotz sorgsamer Lüftung nicht mehr fern zu halten war, so mussten die weiteren Versuche mit diesen Objecten eingestellt werden.

4. Versuch. Den 18. November nahm ich 6 Zweige von *Salix purpurea* und 3 Zweige von *S. nigricans*, die ich frisch von je einem Strauche an der Save nächst Krainburg abgeschnitten hatte, und tauchte sie in einem 40 Cm. hohen cylindrischen Glase mit dem unteren Ende 5 Cm. tief ins Wasser. In ein anderes Glas von nahezu gleichem Volumen (und fast gleicher Höhe) brachte ich aber 5 Zweige von *S. purpurea* und 4 von *S. nigricans*. Beide Gefässe hielt ich zunächst 10 Tage lang bei 15—16°, dann aber vom 28. Nov. an nahe beim Ofen, der täglich einmal geheizt wurde, bei 16—28°. Von Zeit zu Zeit

wurden die Versuchszweige theils durch Umschütteln des Wassers, theils durch Bespritzung von oben bis zur Spitze nass gemacht. Aber erst den 2. December habe ich eine beginnende Wurzelbildung in dem einen Gefässe, und zwar an *S. purpurea* wahrgenommen. Am folgenden Tage waren an 2 Versuchszweigen kleine Würzelchen an den eingetauchten Theilen bemerkt und fast gleichzeitig traten etliche Wurzeln 2—3 Cm. über dem Wasser hervor und öffneten sich mitten zwischen den Wurzeln an dem einen Zweige 2, an dem anderen 3 Blattknospen, welche in 3 Tagen zu 1—3 Cm. langen etiolirten Keimen auswuchsen.

Am 12. December hatten 5 Zweige von *S. purpurea* theils mehr theils weniger entwickelte Wurzeln; allein seit dem 3. December hatte sich keine Knospe mehr an den Zweigen dieser Weidenart geöffnet.

Vom 5. Decemb. an hielt ich dieses Gefäss nicht mehr beim Ofen, sondern stellte es in die Mitte des Zimmers, so dass nur mehr eine Temperatur von 16—17° auf die Pflanzen einwirkte. Demungeachtet brachen an dem einen Zweige von *S. nigricans* vom 9—10. Decemb. 3 Knospen auf, von denen jedoch keine ein Blüthenkätzchen enthielt. Diese Knospen standen mehrere Centimeter über dem Wasser, und der Zweig hatte noch keine Wurzel getrieben, am 12. Dec. war noch keine Spur einer Wurzelbildung zu bemerken.

In dem anderen Gefässe hatte ich die Versuchszweige mit der Spitze ins Wasser getaucht. In dieser Lage blieben sie 10 Tage, ohne dass sie ein Lebenszeichen von sich gegeben hätten. Dann aber (gegen Ende November) brachte ich sie wieder in ihre natürliche Lage, indem ich sie umkehrte und mit dem dickeren Ende 5 Cm. tief ins Wasser tauchte. Auch in dieser Lage trieben die Zweige nicht, aber ich bemerkte bereits am 7. Dec., dass zwei Blüthenknospen ihre Schuppenhülle abgeworfen hatten, wodurch die noch kleinen Blüthenkätzchen frei hervortraten. Dieselben wurden in den nächsten 4 Tagen merklich grösser; es spreizten sich die an der Spitze röthlich gefärbten Schuppen auseinander, aber die Staubgefässe wurden zwischen hindurch noch nicht sichtbar und die Kätzchen blieben mehrere Tage auf dieser niedrigen Stufe der Entwicklung stehen.

Sonst hatten weder die übrigen 4 Zweige von *S. purpurea*, noch jene 4 von *S. nigricans* bisher ein positives Resultat ergeben. Dennoch behielt ich diese Versuchszweige noch bis Ende des Monates December bei.

Gegen die Mitte dieses Monates bemerkte ich an dem erwähnten Blüthenkätzchen eine langsame Streckung und am 22. December traten am Grunde desselben etliche Staubgefässe auf ein Mal hervor, indem sich die Staubfäden plötzlich verlängerten. Aber die Antheren waren, obschon regelmässig geformt, doch viel kleiner als unter normalen Verhältnissen. Fast gleichzeitig erschienen Wurzeln an den eingetauchten Theilen der Zweige. Sonst hatten sich noch 2 andere Blüthenknospen von *S. purpurea* bis zur Entfaltung der Staubgefässe und Berstung der Antheren weiter entwickelt. Bei *S. nigricans* trat nur ein Blüthenkätzchen aus der Schuppenhülle hervor, entwickelte sich aber vom 20. bis Ende December nicht weiter. Von Blattknospen hatte sich keine entfaltet; ebensowenig konnte ich etwas von adventiver Sprossenbildung wahrnehmen.

5. Versuch. Am 13. December brachte ich 6 Zweige von *S. nigricans*, die im Ganzen 174 Knospen trugen, in ein Gefäss mit Wasser, wie oben, indem ich sie mit dem unteren Ende 5 Cm. tief ins Wasser tauchte. Dazu wurden auch 2 Zweige von *S. incana* genommen. In ein zweites Gefäss stellte ich in gleicher Weise 5 Zweige von *S. nigricans*, an denen ich 166 Knospen gezählt hatte, mit 3 Zweigen von *S. incana*.

Nun hielt ich das erstere Gefäss mit den Versuchszweigen 20 Tage lang (vom 13. December bis 2. Jänner) neben dem Ofen an einer Stelle, deren Temperatur täglich zwischen 19° und 30° schwankte. Das andere Gefäss blieb aber während dieser Zeit nahe beim Fenster, wo die Temperatur 14—16° betrug.

Am 25. December sah ich die ersten Knospen an der Spitze der Zweige von *S. incana* im ersten Gefässe geöffnet; dieselben standen mehrere Centimeter über dem Rande des Gefässes und mehr als 12 Centimeter über dem Niveau des Wassers. Später barsten noch etliche Knospen, theils nahe am Niveau, theils weit über dem Niveau des Wassers, obschon ich die Zweige von Beginn an weder durch Schütteln des Wassers, noch durch Bespritzen an ihren oberen Theilen nass gemacht hatte. Schon

am 25. December wurden an den Zweigen von *S. incana* Wurzelanlagen bemerkbar.

Von *S. nigricans* barst die erste Knospe (es war eine Blüthenknospe) den 28. December, bevor Wurzelanlagen merkbar wurden.

Am 30. Dec. kamen auch noch ein paar Blattknospen dazu, alle nicht hoch über dem Niveau des Wassers.

Am 2. Jänner hatten die Zweige von *S. nigr.* im Ganzen 8 geöffnete Knospen, wovon nur 3 Blüthenknospen (Kätzchen) waren. Zugleich bemerkte man an den eingetauchten Theilen einzelne noch sehr kleine Wurzeln. Hingegen fand ich bei *S. incana* am 2. Jänner bereits 20 geöffnete Knospen und lange fiederästige Wurzeln an den unteren Theilen der Zweige.

Mithin hatten sich bis zum 2. Jänner bei *S. nigric.* kaum $4^1/_2$, bei *S. incana* jedoch 23 Percent aller Knospen geöffnet. Alle waren noch wenig entwickelt, die wenig hervorgetretenen jungen Blätter bleich und abnorm.

Von den 8 Zweigen im zweiten Gefässe zeigte nur 1, und zwar von *S. incana*, den 2. Jänner 4 halbgeöffnete Knospen *S. nigricans* hatte bis zu diesem Tage noch kein Lebenszeichen von sich gegeben. Erst am 7. Jänner fand ich 2 geöffnete Knospen unter dem Niveau des Wassers, und zwar an einem und demselben Zweige, während gleichzeitig eine Wurzel hervortrat, die bis 12. Jänner 4 Cm. lang wurde. Im Übrigen hatte *S. nigr.* bis zu diesem Tage keinen weiteren Fortschritt gemacht, und auch die wenigen kaum aufgesprungenen Knospen von *S. incana* sind seit dem 7. Jänner in ihrer weiteren Entfaltung stehen geblieben.

Ein anderes Resultat ergaben die in dem anderen Gefässe bei 19—30° (bei täglich 2maligem Temperaturwechsel) gehaltenen Zweige. Von den 174 Knospen[1] der *S. nigr.* hatten nämlich allerdings bis 7. Jänner nur 10 getrieben, und wenn wir noch 5 theils vollständig, theils unvollständig aus der Knospenhülle hervorgetretene Blüthenkätzchen hinzuzählen, so haben wir im Ganzen 15, d. i. $8^1/_2$ Percent geöffnete Knospen.

[1] Darunter waren 35 Blüthenknospen.

Allein die aus den Blattknospen hervorgegangenen Neubildungen verlängerten sich rasch zu 2 bis 10 Cm. langen etiolirten Sprossen, während die älteren 2 Blüthenkätzchen noch wenig entwickelt schnell abwelkten und 3 jüngere nicht ganz ihre Schuppenhülle verliessen. Seit dem 7. Jänner barst keine neue Knospe mehr. Die Zweige hatten nun ein sehr entwickeltes Wurzelgeflecht.

Bemerkenswerth ist der Umstand, dass von den 10 Sprossen kein einziger aus einer Adventivknospe entstand, alle hatten sich aus wirklichen Blattknospen theils nahe am Niveau, theils hoch über dem Niveau des Wassers (eine sogar 12 Cm. über dem Rande des Gefässes) entwickelt.

Am 12. Jänner betrachtete ich, da sich keine Knospe mehr öffnete, und der weitere Entwicklungsgang der Wurzeln und Sprossen aus dem Obigen beurtheilen lässt, den Versuch als abgeschlossen.

Was *S. incana* anbelangt, so ist zu bemerken, dass die wenigen Sprosse, die sich ebenfalls aus echten Blattknospen entwickelt hatten, verhältnissmässig geringere Dimensionen annahmen, als jene an den Zweigen von *S. nigricans*, und auf einer viel niedrigeren Entwicklungsstufe zurückblieben.

6. Versuch. Am 5. Jänner brachte ich einen Zweig von *S. nigric.* mit 94 Knospen (alle Blattknospen) und einen zweiten mit 19 Knospen (darunter 6 Blüthenknospen) in ein flaschenförmiges Glasgefäss mit engem Halse, worin sich etwas Wasser (2 Cm. hoch) befand. Ich stellte das Ganze nahe zum Ofen, so dass, indem zweimal des Tages geheizt wurde, die Versuchspflanzen täglich der Temperatur zwischen 19° und 30° ausgesetzt waren. Eine weitere Befeuchtung der Zweige durch Bespritzen von oben oder Schütteln des Wassers im Gefässe schien mir nicht nöthig, da sich das Wasser als Thau von selbst an denselben niederschlug. Dass das Gefäss bei diesem, sowie bei allen ähnlichen Versuchen offen gehalten wurde, brauchen wir kaum näher zu erwähnen.

Nach 6 Tagen (am 11. Jänner) öffnete sich am Morgen die erste Knospe am Zweige Nr. 1 und bald darauf fand ich eine zweite offene Knospe an demselben Zweige; den folgenden Tag sprangen noch 3 andere Knospen auf, alle nicht weit über dem Niveau des Wassers. Auch traten am 12. Jänner

2 Adventivknospen auf, die sich zu ganz kleinen Sprossen entwickelten. Am 13. jenes Monates sprengte keine weitere Knospe ihre Schuppenhülle, auch am 14. und 15. nicht, allein aus den bereits aufgesprungenen entwickelten sich ziemlich rasch reich beblätterte Sprosse, die indessen sehr blass waren, obschon sie an einer nicht ganz dunkeln Stelle des Zimmers standen. Die erste Wurzel bildete sich an diesem Zweige den 14. Jänner.

Am Zweige Nr. 2 öffneten sich den 13. Jänner die ersten 3 Blattknospen, und den folgenden Tag die erste Blüthenknospe.

An einem Zweig von *S. purpurea* mit zahlreichen Blatt- und Blüthenknospen, den ich gleichzeitig mit den obigen in dasselbe Gefäss geschoben hatte, zeigte sich die erste Wurzel am 9. Jänner, also schon nach 4 Tagen, und zwei Blüthenkätzchen streuten am 12. bereits den Blüthenstaub aus; die hatten sich ganz normal entwickelt, obgleich sie, als ich sie einbrachte, kaum ihre Hülle abgeworfen hatten.

Neben das oben erwähnte Gefäss hatte ich gleichzeitig auch ein enges cylindrisches (0·4 Meter hohes) mit etlichen Zweigen von *S. purp.* und zwei Zweigen von *S. nigric.* an denselben Ort hingestellt. Da die Mündung des Gefässes eine ziemlich weite (4 Cm.) war, so schlug sich kein Thau an den Zweigen nieder, und diese waren daher an der Oberfläche über dem Niveau des Wassers trocken, jedoch ganz in der Röhre des Gefässes eingeschlossen. In diesem Falle fand der Aufbruch der ersten Blattknospe und der ersten 3 Blüthenknospen an dem einen Zweige von *S. nigr.* und die völlige Entfaltung der ersten 2 Blüthenkätzchen an den Zweigen von *S. purp.* am 14. Jänner statt.

Um auch das Verhalten der Zweige gegen niedrigere Temperaturgrade verfolgen zu können, brachte ich etliche Triebe von *S. nigricans* und *S. purpurea* in ein cylindrisches und etliche (3) von *S. nigric.* in ein flaschenförmiges Gefäss mit engem Halse. Beide Behälter wurden nahe zum Fenster hingestellt und die ganze Zeit hindurch (vom 5. Jänner an) einer Temperatur von 14—16° ausgesetzt. Am 16. Jänner, also nach 11 Tagen, waren die ersten 3 Knospen (Blattknospen) von *S. nigr.* im flaschenförmigen Gefässe aufgebrochen und gleichzeitig

öffneten sich auch 2 Blattknospen derselben Pflanze im anderen Gefässe. Alle 5 Knospen standen ziemlich hoch über dem Niveau des Wassers. Am 20. Jänner zählte ich im flaschenförmigen Gefässe an einem Zweige mit 40 Knospen erst 6, an einem zweiten mit 75 Knospen nur 1, und an einem dritten mit 12 gar keine aufgebrochene Knospe. Wurzeln waren an keinem Zweige zu sehen. Im cylindrischen Behälter hatte ein Zweig von *S. nigr.*, an dem die Zahl aller Knospen 73 betrug, bis zu diesem Tage doch nur eine Blattknospe geöffnet und von den zahlreichen Blüthenknospen war auch nur eine aufgesprungen, von den 58 Knospen eines zweiten (worunter viele Blüthenknospen) hatten sich 9 Blattknospen, von den 46 Knospen eines dritten gar keine und von den 27 Knospen (darunter ebenfalls zahlreiche Blüthenknospen eines vierten Zweiges) auch keine geöffnet. Ebensowenig hatten es die Zweige zur Bildung von Wurzeln gebracht. Allein die wenigen Zweige von *S. purpurea* (in demselben Gefässe) hatten den grössten Theil ihrer Blüthenkätzchen zwar langsam, aber stetig weiter entwickelt, so dass am 20. Jänner die Kätzchenschuppen bereits deutlich zu unterscheiden waren, während an den eingetauchten Theilen der Zweige zahlreiche (kleine) Wurzeln hervortraten. Die Blüthenknospen schienen indessen keinen Fortschritt machen zu wollen.

Die beiden ersten Gefässe, welche bis 16. Jänner einer Temperatur von 19—30° exponirt gewesen waren, entfernte ich nun vom Ofen und behielt sie vom 16. jenes Monates an am Fenster bei 14—16°. Allein nur in dem cylindrischen Gefässe fand unter diesen Verhältnissen ein weiteres Austreiben der Zweige statt, so dass von den 54 Knospen von *S. nigr.* bis zum 20. Jänner 22 aufgesprungen waren (darunter 3 Blüthenkätzchen), während von den 60 Knospen (darunter 26 Blüthenknospen) von *S. purp.* bis zu dem genannten Tage 17 geöffnet waren (darunter nur 1 Blattknospe). Von den 16 Blüthenkätzchen, welche ihre Schuppenhülle abgeworfen hatten, waren jedoch nur etliche bis zur Entfaltung der Staubgefässe entwickelt. An den Zweigen im flaschenförmigen Gefässe hatte vom 16. Jänner an ein kaum merklicher Fortschritt stattgefunden. Die wenigen Sprosse, die sich übrigens durch grosse Blattspreiten bemerkbar machten, blieben auch in dieser neuen Lage unter

dem Einflusse eines intensiveren Lichtes blass und missfarbig Überhaupt waren alle Neubildungen (die Blüthenkätzchen von *S. purp.* ausgenommen) sowohl bei *S. nigric.* als auch bei *S. purp.* und *S. incana*, ob ich die Zweige bei höherer oder niedrigerer Temperatur, im Dunkel oder am Fenster bei diffusem Tageslichte treiben liessen, stets blass und mehr oder weniger etiolirt, aber bei höheren Temperaturen mehr als bei niedrigeren.

Lässt man indessen die Zweige, nachdem sie bei 20—30° einige etiolirte Sprosse getrieben haben, bei 10—20° forttreiben, so entwickeln sie, in diffusem Lichte, entweder wieder nur etiolirte Sprosse, oder es kommen nach längerer Zeit auch grün gefärbte und normal entwickelte zum Vorschein, — allein die etiolirt und missfarbig gewordenen habe ich unter keiner Bedingung später wieder grün werden gesehen.

7. Versuch. Dieser ist gleichfalls nur eine Wiederholung der vorhergehenden. Hiezu wurden am 2. Februar (ebenfalls von demselben Strauche) abgeschnittene Zweige von *S. nigr.* benützt, wovon in gleichen Behältern wie im vorigen Versuche die eine Hälfte vor den geheizten Ofen, die andere aufs Fenster desselben Locales gestellt wurde. Das Austreiben begann bei 20—30° (vor dem Ofen) in 3, bei 13—16° (am Fenster in diffusem Lichte) in 6 Tagen; aber weitaus der grösste Theil der Knospen blieb beiderseits immer geschlossen. In den Jahren 1870 und 1871 konnte ich an den Zweigen von *S. nigr.*, die ich Anfangs Februar eingebracht und demselben Versuche unterworfen hatte, alle Knospen zur Entfaltung bringen, indem ich eine Temperatur von 10—15° auf sie einwirken liess.

Anmerkung. Die milde Witterung hielt bis 3. Februar an, nun aber kamen einige bedeutendere Fröste, und gegen die Mitte des Monates stellten sich, nachdem reichlicher Schnee gefallen war, Kälten, wie sie in mittelmässigen Wintern in Oberkrain vorherrschen, mit 9 bis—13° (am Morgen), durch etliche Tage ein. Gegen Ende des Monates trat aber fast plötzlich wieder warmes (lau-feuchtes) Wetter ein; Anfangs März verschwand der Schnee von der Ebene und entwickelte sich die Flora des Vorfrühlings (*Hepatica, Crocus, Huflattich u. a.*) bei dem anhaltend günstigen Wetter mit beschleunigtem Schritte.

Aus diesen und den früheren (1870—1871) Versuchen kann man deutlich ersehen, dass es bei der Feststellung der Gesetze, nach welchen das Austreiben der Zweige von Holzpflanzen im Winter erfolgt, zunächst auf zwei gleich wesentliche Factoren ankommt; es sind dies die Beziehungen des Wassers und der Temperatur zu den Bildungsstoffen in den Knospen und Phloëmschichten der Zweige.

Werden aber die Versuchsobjecte, wie es hier geschehen ist, direct ins Wasser gestellt, so bewirkt das Eindringen dieses letzteren durch die Schnittfläche einen anderen hydrostatischen Druck und somit auch eine andere Spannung und Durchtränkung der Gewebe als die Aufnahme desselben auf dem gewöhnlichen Wege durch die Wurzeln unter normalen Verhältnissen. Im ersteren Falle ist es ohne umständliche Nebenversuche fast unmöglich, das Eindringen des Wassers derart zu reguliren, dass einerseits kein schädlicher Überfluss, andererseits kein Mangel daran in einem oder dem anderen Theile des Zweiges eintritt. Jedenfalls wird es nur bedingungsweise gestattet sein, die Folgerungen aus den vorliegenden Versuchen auf die im Freien wachsenden Pflanzen zu übertragen.

Im Herbste während und unmittelbar nach der Entlaubung sind die Bildungsstoffe in den Zweigen noch theilweise flüssig und die bereits fest gewordenen Partien jedenfalls leicht im Wasser löslich. Lässt man jene z. B. einige Tage bei 20—30° in einem Behälter mit etwas Wasser stehen, so bildet sich in dem letzteren ein wolkiger Niederschlag, während sich die eingetauchten Enden der Zweige mit reichlichem Schleime umgeben. Bei niedrigeren Temperaturen (10—20°) diffundiren die Bildungsstoffe langsamer. Sehr schnell geht die Diffusion vor sich, wenn man die Zweige in einem Behälter mit enger Öffnung einschliesst und einer wechselnden Temperatur von 20—30° aussetzt, indem sich die Wasserdünste an den (aus dem Wasser) hervorstehenden Theilen der Zweige in reichlicher Menge niederschlagen, wodurch diese in ihrer ganzen Ausdehnung durchnässt werden.

Während dieser Periode, so lange sich nämlich die Bildungsstoffe in löslichem Zustande befinden, gelingt es nur unter gewissen sehr günstigen Bedingungen, die Zweige zum Austreiben

zu bringen, z. B. wenn sie in ein cylindrisches offenes Gefäss gebracht und mit ihrem unteren Ende in 3—5 Cm. hoch stehendes Wasser getaucht werden; jedoch muss das Gefäss für eine bestimmte Anzahl Zweige einen bestimmten Durchmesser haben. Die Zweige können 7—12 Cm. aus dem Wasser, dürfen aber nicht zu weit über den Rand des Gefässes herausragen. Getränkter Schwamm statt Wasser erzeugt Schimmel in einem allzu geschlossenen Behälter, in einem offenen gibt er wegen zu leichter Verflüchtigung der Dünste zu wenig Wasser an die Zweige ab. Auch in engen cylindrischen Behältern überziehen sich die Versuchsobjecte leicht mit Schimmel. Nimmt man auf mehrere Zweige nur wenige Gramm Wasser, so werden die extrahirten schleimigen und eiweissartigen Substanzen leicht faulig, nimmt man viel davon, so werden die Bildungsstoffe den Zweigen durch beschleunigte Diffusion viel zu schnell entzogen.

Allein auch im günstigsten Falle wird man von vielen hundert wirklichen Knospen nur eine oder zwei zur Entwicklung bringen. Viel leichter wird hie und da eine Adventivknospe (an dem älteren zweijährigen Theile des Zweiges) im Wasser hervortreten und sich an einer Stelle ein Spross entwickeln, wo man ihn am wenigsten erwartet hätte.

Schon vor dem Bersten der Knospe sind an dem eingetauchten Theile des Zweiges 1 oder mehrere Wurzeln erschienen, die sich rasch weiter entwickeln und bei 20—30° in wenigen Wochen ein dichtes Geflecht bilden. Mit der weiteren Entwicklung und Verästelung des Wurzelsystems halten die wenigen, meist an den untersten Theilen der Zweige hervorgetretenen Sprosse ziemlich gleichen Schritt; sie entfalten sich bisweilen zu spannenlangen (missfarbigen, gelblichen oder gelblich-grünen) Trieben, welche insbesondere im Wasser sehr etiolirt sind. Tritt aber ein solcher Spross über dem Wasser hervor, so entwickelt er sich, wenn man ihn einer mässigeren Temperatur (10—20°) aussetzt, bis auf die etwas blasse Farbe fast ganz normal.

Das Optimum der anregenden Temperaturen liegt nicht unter 25°; allein derjenige Temperaturgrad, bei welchem sich die Knospen am frühesten öffnen und der Spross am schnellsten

in die Länge streckt, wohl zwischen 25 und 30°, ist den im Lichte functionirenden Neubildungen geradezu schädlich (wenigstens unter den Bedingungen der obigen Versuche), indem diese dabei etioliren, während bei Temperaturen zwischen 10 und 15° die Sprosse ein gedrungenes, grünes und durchaus gesundes Aussehen bekommen.

Bei 20—30° treten die ersten Wurzeln im günstigsten Falle in 10 Tagen, die ersten Sprosse in 13—15 Tagen hervor. Bei 10—20° erfolgen diese Neubildungen mehrere Tage später, und es kommt in diesem Falle, nämlich bei Anwendung der Temperaturen zwischen 10 und 20°, am häufigsten vor, dass sich an den Zweigen weder Wurzeln noch Sprosse entwickeln.

Nach und nach erfahren aber die Bildungsstoffe unter dem Einflusse niedriger Temperaturgrade eine für die folgenden Lebensvorgänge sehr wesentliche Metamorphose und erhalten, nachdem sie im Laufe des Spätherbstes ganz fest geworden sind, allmälig die Fähigkeit, der auflösenden Wirkung des Wassers zu widerstehen. In diesem letzteren Zustande besitzen sie bereits einen höheren Grad der Organisation (vielleicht richtiger: Zusammensetzung).

Ich konnte im Allgemeinen nach den Jahreszeiten drei wesentliche Zustände der Bildungsstoffe unterscheiden: 1. dieselben sind während des Wachsthums im Frühjahr und Sommer flüssig oder halbflüssig; 2. nach dem Laubfalle im Herbste bis zum Eintritt der Fröste mehr oder weniger fest, aber im Wasser leicht löslich und darin allmälig gerinnend; 3. während des Winters fest und bei mässigen Temperaturen im Wasser wenig oder gar nicht löslich.[1]

Ist ein Theil des Winters vorüber, dann erst entwickeln sich aus den nun umgewandelten Bildungsstoffen auch echte Knospentriebe, in der Weise wie dieses unter gewöhnlichen Verhältnissen im Freien im Frühjahre geschieht. Nun brechen nämlich auch

[1] Diese Nichtlöslichkeit kann man gewissermassen als eine Folge der bereits vollzogenen Umwandlung der ursprünglich formlosen Bildungsstoffe in organisirte Substanzen und Elementartheile betrachten, da mitten im Winter, auch wenn dieser streng ist, die Knospen anschwellen. Die Pflanze *(S. nigr.)* vollbringt den ersten Theil ihrer neuen Arbeit bei Temperaturen, welche nicht höher sind als +4 oder +5°.

echte Knospen an den eingebrachten Zweigen auf, und zwar nicht blos an den eingetauchten, sondern auch an den weit über dem Wasser stehenden Theilen derselben, manche sogar an den Spitzen der Zweige, auch wenn diese über den Rand des Behälters ragen.

Gegen Ende des Winters findet ein allgemeines und fast gleichzeitiges Öffnen der Knospen statt, bei Temperaturen von 25—30° früher als bei 20—25°, und bei 20—25° beträchtlich früher als bei 15°.

Im Jänner eingebrachte Zweige öffnen die ersten echten Knospen bei 20—30° in 6—7 Tagen; allein die Wurzeln brauchen immer noch 9—10 Tage, bis sie in ihren ersten Anlagen sichtbar werden, und bei niedrigeren Temperaturen noch viel mehr. Die Entwicklung der Knospentriebe geht also in ihrem frühesten Stadium ohne Mithülfe der Wurzeln, blos auf Kosten der metamorphosirten Bildungsstoffe vor sich.

Je mehr Wintertage bereits verflossen sind, desto mehr echte Knospen entfalten sich, und desto weniger Tage nehmen sie bis zur Sprengung ihrer Hülle in Anspruch. Bei Temperaturen von 20—30° öffnen sich die ersten Knospen zwar früher als bei mässigeren Temperaturen (10—20°), jedoch bleibt im letzteren Falle in der Regel keine geschlossen, während im ersteren Falle manche ungeöffnet bleibt.

Nach den Ergebnissen der Versuche in den beiden Wintern 1870—71 und 1872—73 kann man aber mit Recht vermuthen, dass nicht nur die niedrigsten positiven Temperaturen, sondern auch wirkliche Kältegrade, mit jener Metamorphose der Bildungsstoffe während des Winters in ursächlichem Zusammenhange stehen. Der Winter 1870—71 war sehr streng. Mit Anfang des Decembers fiel in Oberkrain reichlicher Schnee, welcher in den Niederungen bis April liegen blieb. Während der Monate December, Jänner und Februar war die Temperatur in den günstigsten Fällen nicht über + 6° gestiegen. Der Boden war hoch mit Schnee bedeckt, und die Salix-Sträucher an der Save hatten bis Ende December bereits viele sehr rauhe Fröste überstanden.

Allein dennoch belaubten sich Zweige von *S. nigric.*, welche ich Anfangs Jänner dem Versuche in obiger Weise unterworfen

hatte, bei 15—22° schon in einer Woche, wobei sich die meisten Knospen geöffnet und zu schön grünen Sprossen und Blüthenkätzchen weiter entfaltet hatten.

Der eben verflossene Winter ist bis Ende Jänner in seltenem Grade mild gewesen. Es sind während dieser Periode nur in der zweiten Hälfte des Decembers und gegen die Mitte des Jänners einige Fröste (Minimum in Krainburg —6°) eingetreten, die jedoch den meisten Ackerunkräutern weiter zu blühen gestatteten; den ganzen Winter hindurch (bis zum Schneefall Anfangs Febr.) konnte man *Primula acaulis* und *Gentiana verna*, wenn auch mehr einzeln und zerstreut, in Blüthe sehen, und in den ersten Tagen des Jänners schon waren Erlen und Haselnuss-Sträucher mit zahlreichen stäubenden Blüthenkätzchen anzutreffen.

Doch die Anfangs Jänner dem obigen Versuche bei verschiedenen Temperaturen unterzogenen Zweige ergaben ein ganz unerwartetes Resultat: es brach nur eine sehr geringe Zahl von Knospen auf; aber selbst diese wenigen Knospen nahmen, für gleiche Temperaturen, nicht weniger Tage bis zu ihrer Entfaltung in Anspruch als jene im Jänner des Jahres 1871. Überdies entwickelten sich aus denselben nur verkümmerte, etiolirte und missfarbige Sprosse, ob ich nun die Zweige bei höherer oder niedrigerer Temperatur, im Dunkeln oder bei diffusem Tageslichte treiben liess. Und doch hatte ich die Zweige von derselben Stelle und von denselben Sträuchen abgeschnitten, von gleichem Alter, von gleicher Grösse und durchschnittlicher Knospenzahl genommen, sie in demselben Locale in gleichen Behältern mit gleichem Wasser in gleicher Weise behandelt wie im Winter 1870—71.

Im Ganzen wirken vorausgehende Kälten auf die Anlagen der Blüthen noch viel günstiger als auf die der Blätter. Haben die niedrigen, für die oben bezeichnete Metamorphose nothwendigen Temperaturgrade nur durch eine sehr kurze Zeit auf die Pflanze eingewirkt, so kommen wohl einzelne Blüthenkätzchen zum Vorschein, bleiben aber immer verkümmert und erreichen nur einen sehr niedrigen Grad der Entwicklung,[1] was auf einen

[1] Kein einziges dieser Blüthenkätzchen hatte es bis zur Geschlechtsreife gebracht. Die meisten unter solchen Verhältnissen hervorgetretenen

langsamen Gang des Umwandlungsprocesses innerhalb .der Bildungsstoffe schliessen lässt.

Die im vorliegenden Falle als zeitigende Temperaturen wirkenden niedrigen Temperaturgrade (mögen diese positiv oder negativ sein, d. h. über oder unter dem Eispunkte liegen) vollbringen also eine Arbeit, welche höhere Grade (etwa von + 10° aufwärts) nicht zu leisten vermögen. Wir finden übrigens bei manchen anderen Pflanzen im Freien ein ganz ähnliches Verhalten gegen die Temperaturen des Winters. Es genüge hier zunächst auf *Galanthus* und *Helleborus niger* hinzuweisen.

Das Schneeglöckchen, welches in ungewöhnlich milden, fast schneefreien Wintern wie der eben vergangene, schon Anfangs Jänner, jedoch sehr vereinzelt, erscheint, ist in allen Theilen der Blüthe viel kleiner und schmächtiger als nach strengen Wintern, wo es 3—4 Monate unter dem Schnee bleibt. In gleicher Weise erschienen die Blüthen von *Helleborus niger*, welche in diesem ungewöhnlich milden Winter schon im December bei Krainburg zur Entfaltung kamen, zwergig klein im Vergleiche zu ihrer sonstigen Grösse, obschon sie sonst unter dem Schnee bis zu ihrer Entfaltung viel weniger positive Wärme empfangen als im vergangenen Winter.

Für *Galanthus* und *Hepatica*, sowie auch für *Tussilago* fällt der eigentliche Beginn der Blüthe dieses Jahr in den Anfang des Monates März, da diese Arten erst vom 1.—4. März wie auf ein Mal und massenhaft blühend erschienen, nur 1—2 Wochen früher als nach den strengen Wintern 1869—70 und 1870—71. *Viola hirta* zeigte sich heuer am 17. März zum ersten Male bei Krainburg an derselben Stelle, wo ich sie im Jahre 1871 am 22. März in der Erstlingsblüthe angetroffen habe. Nun hat sie aber diesen Winter bis zu ihrem Erscheinen viel mehr positive Wärme empfangen als im Jahre 1871.

Gehen also die zur normalen Entwicklung der Blüthe nothwendigen Kälten oder überhaupt niedrigen Temperaturgrade nicht voraus, so nimmt die Pflanze (wir meinen unsere frühblühenden Arten) zur Erreichung ihres nächsten Zieles (Geschlechtsreife der

Gebilde blieben gleich nach der Sprengung der Knospenhülle in ihrer Entwickelung stehen.

Blüthe) mehr positive Wärme in Anspruch als es sonst nöthig wäre, und erreicht dieses Ziel doch nicht ganz vollständig, indem die Blüthe kleiner und kümmerlicher bleibt. Ich glaube daher, dass die abnorme Kleinheit und Kümmerlichkeit der Blüthen (Secundärblüthen), welche bei manchen Holzpflanzen bisweilen im Herbste vorzeitig erscheinen, wenigstens theilweise darin ihren Grund habe.

Von *Salix nigr.* kann ich allerdings mit voller Bestimmtheit behaupten, dass ihre Zweige nach einem sehr strengen November, December und Jänner zur Entfaltung der Blatt- und Blüthenknospen nicht mehr Wärme nöthig haben als nach einem ungewöhnlich milden November, December und Jänner, und würde diese Pflanze z. B. in der Ebene von Görz vorkommen, so würde sie zur Entfaltung ihrer Blüthen mehr Wärme beanspruchen als bei Krainburg.

S. purp. bedarf keineswegs so niedriger Temperaturgrade zur entsprechenden Umwandlung der Bildungsstoffe, auf deren Kosten im Winter die Blüthenkätzchen ihre völlige Ausbildung erlangen; denn schon im November eingebrachte Zweige dieser Weidenart gaben (allerdings erst nach langer Zeit) geschlechtsreife, d. i. stäubende Kätzchen, während die Blüthenanlagen in den immer geschlossenen Knospen von *S. nigr.* unter den Bedingungen des damaligen (4.) Versuches keine Entwicklungsfähigkeit zeigten. Auch *Primula acaulis* scheint so niedriger Temperaturen im Winter nicht zu bedürfen, da sie, wenn der Spätherbst nicht allzurauh ist, schon im November einzeln blühend angetroffen wird, und zwar, was hier bemerkt zu werden verdient, meist mit normal ausgebildeten Blüthen, welche jedoch stets einzeln und niemals in förmlichen Büscheln erscheinen wie nach Ablauf des Winters, insbesondere wenn die Pflanze 2—3 Monate unter dem Schnee gelegen ist.

Übrigens entwickeln sich Blüthen und junge Blätter der *Pr. acaulis* auch unter dem Schnee selbst, wie ich im März 1871 an verschiedenen Stellen bei Krainburg wahrgenommen habe. Diese Pflanze besitzt daher nebst *Helleborus niger* wohl das tiefste Minimum der Anregungstemperaturen unter den mir bekannten einheimischen Arten, und die zeitigenden Temperaturen

der Kältenmetamorphose müssen zum grossen Theile mit den Anregungstemperaturen zusammenfallen.

Solange es aber nicht möglich ist, die Wärmebedürfnisse der Pflanze durch sichere Masse auszudrücken, d. h. durch bestimmte von der Intensität (Höhe) und Dauer der Temperatur abhängige Wärmeeinheiten darzustellen, die von einem naturgemässen Ausgangspunkte an zu zählen wären, müssen wir uns mit relativen Andeutungen begnügen, die höchstens geeignet sind, den Boden für eine methodische Untersuchung und Bearbeitung des Gegenstandes vorzubereiten. Diese künftigen Untersuchungen sollen erst zeigen, ob auch bei den unserer Pflanze nächst verwandten Arten, wie *Salix cinerea, grandifolia, caprea* und *aurita*, und vielleicht auch bei anderen frühblühenden Holzpflanzen unserer Klimate die Bildungsstoffe unter dem Einflusse sehr niedriger Temperaturgrade im Winter eine ähnliche für die Entwicklung der Blüthe so wesentliche Metamorphose erleiden, wie sie für *S. nigr.* durch die vorliegenden Versuche nachgewiesen worden ist.

Mineralogische Beobachtungen V.

Von Dr. **Albrecht Schrauf.**

(Mit 2 Tafeln und 2 Holzschnitten.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 3. April 1873.)

Die vorliegende Abhandlung ist in ihrer grösseren Hälfte den Beobachtungen an Kupfererzen gewidmet. Die Gruppe des Brochantits mit seinen Varietäten ist, so weit es das zugängliche Material erlaubt, monographisch bearbeitet worden. Einige Bestimmungen am Malachit, welcher dem Brochantit morphologisch nahe steht, werden sich daran schliessen.

XXXII. Allgemeine Charakteristik der Mineralien aus der Gruppe des Brochantits.

§. 1. Einleitung.

Die Verbindungen des Kupfers mit Phosphorsäure, Arsensäure, Kieselsäure oder mit Schwefelsäure bilden grössere Gruppen ähnlicher Substanzen. In diesen Gruppen unterscheiden sich die einzelnen Glieder meist nur durch einen geringen Wechsel der Bestandtheile. Die Gruppen der Kupferoxydsalze mit Arsen- oder Phosphorsäure sind bereits in einzelne Mineralspecies zerlegt. Gute Krystalle dieser Verbindungen sind nämlich nicht selten und erleichtern die Bestimmung, obgleich die Formähnlichkeit der einzelnen Glieder unleugbar ist.

Bei den Kupfersilicaten von Chili constatirt Field (Phil. Mag. 1861) ebenfalls einen Wechsel des Kupfergehaltes. Nur bei Pseudomalachit[1] und Brochantit harrte noch eine grössere Anzahl Varietäten auf eine genauere Bestimmung.

---

[1] Die Bestimmung der Krystallform des Pseudomalachit werde ich in einer späteren Reihe veröffentlichen.

Eine Prüfung zahlreicher Handstücke ermöglicht es mir, Einiges zur Kenntniss der morphologischen Verhältnisse der basischen schwefelsauren Kupferoxydsalze beizutragen. Alle Fragen zu lösen, welche hiebei auf morphologischem und chemischem Gebiete auftauchen, gelang nicht. Es bleibt künftiger Forschung vorbehalten, die Charakteristiken der nachfolgenden Typen des Brochantit, wenn möglich, genauer festzustellen.

Ich bin nur in der Lage, die allgemeinen morphologischen Eigenschaften, die allen isomorphen Verbindungen dieser Gruppe zukommen, hervorheben zu können, und die einzelnen Glieder dieser Familie nach ihrer Ausbildung und chemischen Zusammensetzung als einzelne Typen zu beschreiben. Daher sind in dieser Nummer nur die allgemeinen Constanten der Gruppe und die zur Bestimmung der Indices nöthigen Winkel gegeben, und es enthalten erst die nachfolgenden Nummern theils die morphologische Detailforschung, theils die Discussion über die Beziehungen zwischen Form, Paragenesis und chemischer Formel. Um letzteres zu ermöglichen, wurden auch die (sogenannten) künstlichen Substanzen dieser Gruppe nicht ausser Acht gelassen.

§. 2. Chronologisch geordnete Übersicht der Abhandlungen, welche Substanzen der Brochantitgruppe betreffen:

1824. Levy. Ann. of Phil. II. Ser. Vol. VIII, p. 241. Br. von Gumeschefsk.

1824. Levy. Ann. of Phil. II. Ser. Vol. XI, p. 149 und Pogg. Ann. VI. 497. Königin von Gumeschefsk.

1828. Magnus. Pogg. Ann. XIV. 141. Br. von Rezbanya.

1832. Berthier. Ann. chim. phys. L. 360. Br. von Mexiko. In Pogg. Ann. Vol. 26, p. 561 unrichtig copirt.

1837. Levy. Descr. coll. Heul. Vol. III. 98. Atl. pl. 65, Fig. 2. Br. von Katherinenburg.

1837. G. Rose. Reise in den Ural. I. 267; hieraus copirt in Pogg. Ann. XLII. 468. Br. von Gumeschefsk.

1841. Huot. Mineralogie. Paris. I. 331. Br. von Mexiko = Brongniartin.

1842. Forchhammer. Skand. Nat. Stockholm 1842. Arsb. 1843. 192; hieraus copirt im J. f. pr. Chemie. 1843. Vol. 30, p. 396. Krisuvigit = Br. von Island.

1852. Br. a. Miller Mineralogy. London, p. 554, Fig. 549. Königin = Brochantit.

1852. Becquerel. Compt. rend. Vol. 34, p. 573. Künstl. Broch.
1853. Rivot. A. des min. V. Ser. Vol. III. p. 740. Analys. ohne Fundort. Br. gemischt mit Malachit.
1853. Breithaupt. Berg- u. Hütt. Zeit. Leipzig 1853. Vol. XII, p. 16. Königin = Brochantit.
1856. Dufrenoy. Mineral. II. Ed. Vol. III, p. 401, pl. 134, Fig. 507. Br. von Rezbanya.
1858. Kokscharow. Mater. Min. Russl. III. p. 260. Br. von Gumeschefsk und Nischne-Tagilsk.
1858. Zepharovich. Mineral. Lexikon. Wien, p. 75. Br. von Banat.
1858. Sandberger. Pogg. Ann. Vol. 105, p. 614. Br. von Nassau und Cumberland.
1860. Peters. Sitzungsber. Akad. Wien, Vol. 44, p. 163. Br. von Rezbanya.
1860. Roucher. Zeitschr. f. Chem. u. Pharm. 1860. p. 462. Lieb. u. Kopp. Jahresbericht 1860, p. 193. Künstliche Darstellung.
1860. Rammelsberg. Handb. d. Mineral-Chemie. 1860, p. 268. Formel d. Br.
1861. Peters. Leonh. Jahrb. f. Min. 1861, p. 660. Br. von Salzburg, und Malachit von Moldowa.
1862. Field. Phil. Mag. IV. Ser. Vol. 24, p. 123. Br. von Chili und künstl. Br.
1864. Domeyko. Ann. des Min. VI. Ser. Vol. 5, p. 460. Br. von Chili.
1864. Wibel. Das gediegene Kupfer und das Rothkupfererz. Hamburg. p. 45. Künstl. Br.
1864. Hessenberg. Min. Notiz. VI. 17. Taf. II, Fig. 13–14. Malachit von Rezbanya.
1864. Maskelyne. Chem. news. 1864. X. p. 263. Br. von Cornwall.
1864. Pisani. Compt. rend. Vol. 59, p. 912. Br. von Cornwall.
1865. Maskelyne. Phil. Mag. Vol. 29, p. 475. Warringtonit = Br. von Cornwall.
1865. Warrington. J. chem. Soc. Lond. II. Ser. Vol. 3. p. 85.
1865. Tschermak. Sitzungsb. Ak. Wien. Vol. 51, p. 131. Br. von Neuseeland und Atacama.
1865. Kobell. Sitzungsb. Akad. München. Vol. II, p. 70. Br. von Chili.
1868. Genth. Sill. A. J. II. Ser. Vol. 45, p. 321. Br. von Arizona.
1869. Marka. J. geol. Reichsanst. Wien. Vol. 19, p. 317. Br. von Orawitza und Moldawa (Banat).
1871. Cotta. Reise nach Altai, p. 238. Br. von Siränowsk.
1873. Ludwig. Tscherm. Miner. Mitth. 1873, p. 38. Anal. Br. von Rezbanya.

§. 3. Vorkommende Flächen.

Der genauen morphologischen Beobachtung sind bisher die Brochantit-Krystalle sibirischen Vorkommens zu Grunde gelegt

worden. Dies mag die Einförmigkeit der in der Literatur beschriebenen Formen theilweise erklären. Levy, Rose, Kokscharow notiren nur Flächen aus den Zonen des Prisma oder Doma. Erst Dufrenoy, welcher einen Krystall des Fundortes Rezbanya (seine Fig. 507) abbildet, kennt eine Pyramide, obgleich dessen Lage nicht definirt wird. Miller sucht Levy's Königin auf die Form des Brochantits zurückzuführen, und nimmt deshalb die neue Fläche x auf.

Die Beobachtungen Maskelyne's am Warringtonit lassen wohl die Existenz von Pyramidenflächen vermuthen, allein die Bestimmung ihrer Lage fehlt.

In Folge dessen sind bisher nur die nachfolgenden wenigen Flächen bekannt gewesen.

Levy	Rose	Dufrenoy	Miller	Kokscharow	Schrauf
p	b	g'	a	T	b
$e^1/_4$	$g/2$	g^2	r	l	r
—	g	M	m	m	m
a'	f	e'	e	x	e
—	—	—	v	—	v
m	—	—	x	—	x
—	—	b'	—	—	?

Die in der letzten Columne beigefügten Buchstaben werden von mir zur Flächenbezeichnung verwendet. Es sind so viel wie möglich die Buchstaben Miller's beibehalten worden. Von ihnen ist Kokscharow, ohne aber auf Rose zurückzugreifen, abgewichen.

An dem mir vorliegenden Materiale, welches Krystalle von Rezbanya, Cornwall und Russland umfasst, liess sich eine bedeutend grössere Anzahl von Flächen nachweisen. Sie vertheilen sich auf die verschiedenen Fundorte und Typen ungleichmässig. Die mir bekannten Flächen sind (vergl. Fig. II):

a	100	h'	$\infty P\infty$	Mask.	Cornw.	Rezb.	II
b	010	g'	$\infty P\infty$	Lev.			I—IV
m	110	m	∞P	Lev.			I—III
m'	$1\bar{1}0$						

r	120	g^3	$\infty P2$	Ros.		I—III
r'	$\bar{1}20$					
n	340	g^7	$\infty P\frac{7}{3}$	Schr.	Rezb.	I
n'	$3\bar{4}0$					
μ	730	$h\frac{7}{4}$	$\infty P\frac{7}{4}$	Schr.	Rezb.	IV
λ	610	$h\frac{7}{6}$	$\infty P6$	Schr.	Rezb.	IV
e	012	e^2	$\frac{1}{2}P\infty$	Lev.		I—IV
e'	$0\bar{1}2$					
i	011	e'	$P\infty$	Schr.	Tagilsk	III
v	101	o'	$P\infty$	Lev.	Kather.	I?
x	201	$o\frac{1}{2}$	$2P\infty$	Lev.?	Kath., Rezb.	IV
ξ	$\bar{2}01$	$a\frac{1}{2}$	$-2P\infty$ [1]			
o	112	d'	$\frac{1}{2}P$	Schr.	Cornw.	I *b*
ω	$\bar{1}12$	b'	$-\frac{1}{2}P$			
s	136	$d^{\frac{1}{3}}b^{\frac{1}{3}}g^{\frac{1}{3}}$	$\frac{1}{3}P3$	Schr.	Cornw.	I *b*
σ	$\bar{1}36$	$b^{\frac{1}{3}}d^{\frac{1}{3}}g^{\frac{1}{3}}$	$-\frac{1}{3}P3$			

[1] Meine in den Sitzungsberichten dieser hohen Akademie (Reihe I—IV) angewendeten Symbole $\pm P$ nach soi-disant Naumann'scher Manier hat Herr Oberbergrath Zepharovich in mehreren Schriften einer Besprechung gewürdigt. Seinen Notizen gegenüber muss ich wohl erklären, dass mir die Hypothese, welche Naumann seiner Schreibweise zu Grunde legt, kein Geheimniss geblieben ist. Nur die Geringfügigkeit des Gegenstandes und dessen Selbstverständlichkeit für den theoretisch gebildeten Krystallographen veranlassten mich, Erörterungen in meinem „Lehrbuch" als überflüssig zu betrachten. Naumann hat nämlich $\pm$ nicht im mathematischen Sinne, sondern nur als beliebige Vorzeichen für grössere oder kleinere Winkel verwendet. Hierfür hätten andere Symbole den gleichen Dienst geleistet, wie auch ganz richtig Kenngott andere Zeichen vorgeschlagen und in seinen Schriften verwendet hat. Bei meiner Signatur ist hingegen $\pm$ im mathematischen Sinne gebraucht. Die Pyramide $+P$ entfällt deshalb auf den positiven Quadranten $+X+Y+Z$, genau wie die analoge Fläche des positiven Tetraëders $+\frac{O}{2}$.

p	212	$d'd^{\frac{1}{2}}h^{\frac{1}{2}}$	$P2$	Schr.	Rezb.	I [1]
p'	212					
π	$\bar{2}12$	$b'b^{\frac{1}{2}}h^{\frac{1}{2}}$	$-P2$			
π'	$\bar{2}12$					
t	532	$d^{\frac{1}{3}}d^{\frac{1}{2}}h^{\frac{1}{2}}$	$\frac{5}{3}P\frac{5}{3}$	Schr.	Cornw.	Ib
τ	$\bar{5}32$	$b^{\frac{1}{3}}b^{\frac{1}{2}}h^{\frac{1}{2}}$	$-\frac{5}{3}P\frac{5}{3}$			
f	616	$d^{\frac{1}{6}}d^{\frac{1}{2}}h^{\frac{1}{2}}$	$P6$	Schr.	Rezb.	I
φ	$\bar{6}16$	$b^{\frac{1}{6}}b^{\frac{1}{2}}h^{\frac{1}{2}}$	$-P6$			
g	313	$d^{\frac{1}{3}}d^{\frac{1}{1}}h^{\frac{1}{2}}$	$P3$	Schr.	Rezb.	II
γ	$\bar{3}13$	$b^{\frac{1}{3}}d^{\frac{1}{1}}h^{\frac{1}{2}}$	$-P3$			
k	12.1.4	$d^{\frac{1}{12}}d^{\frac{1}{1}}h^{\frac{1}{2}}$	$3P12$	Schr.	Rezb.	IV
$\varkappa$	$\bar{1}2.1.4$	$b^{\frac{1}{12}}b^{\frac{1}{1}}h^{\frac{1}{2}}$	$-3P12$			

In dieser Tabelle sind die zusammengehörigen Pyramiden mit analogen Buchstaben bezeichnet, die Flächen der vorderen oberen Quadranten tragen römische, die der oberen Quadranten der Rückseite hingegen griechische Buchstaben. Die linken vorderen Hälften einiger Gestalten wurden überdies zum Unterschiede von den rechten Hälften derselben Gestalten m, r, e, p, π mit einem Stellenzeichen, z. B. p' versehen. Die drei letzten Columnen der obigen Tabelle bezeichnen: ersten Autor, Fundort und Typus.

§. 4. Winkel. Vergleich der Brochantit-Krystalle mit Formen anderer Mineralien.

Die Messungen an den Brochantiten von Gumeschefsk ergaben für die Fundamentalwinkel nach

G. Rose	Kokscharow
$bg = 52°\ 5'$	$TM = 52°16\frac{1}{2}'$
$bf = 75\ 56$	$Tx = 76\ 19\frac{1}{4}$

Kokscharow berechnet aus seinen Winkeln ein prismatisches Axenverhältniss

[1] Nur für die Krystalle des I. Typus ist eine scharfe Unterscheidung der Quadranten möglich gewesen. Deshalb auch die grössere Anzahl der Buchstaben nöthig.

$$a : b : c = 1 : 4 \cdot 10606 : 3 \cdot 17756.$$

Schreibt man dieses Axenverhältniss mit Rücksicht auf die Indices, welche in vorhergehender Flächentabelle adoptirt sind, so erhält man:

$$a : b : c = 0 \cdot 78035 : 1 : 0 \cdot 48385$$

und die nachfolgende (prismatisch gerechnete) Winkeltabelle.

	m	*r*	*e*	*v*	*p*
a	37°56′	57°21′	—	58°12′	58°55½′
b	52 2	32 39	76°24′	—	78 23
c	—	—	13 36	31 48	33 38½
m	75 56	19 23	81 41½	—	57 56½ 106 26½
r	—	65 16	—	—	63 23 96 15
e	—	78 32¼	27 12	—	31 4½

Diese Winkel erlauben eine Vergleichung der Brochantitformen mit den Dimensionen anderer Mineralien.

Demselben Grundprisma begegnen wir bei der isomorphen Gruppe RSO_4. Für die Fläche *M* (Schrauf) = *o* Autoren ist

aM =	52°16′	am Anglesit,
	52 4	„ Cölestin,
	52 42	„ Baryt.

Es wäre hiernach für die Prismen eine Übereinstimmung [1] der Winkeln des Brochantit mit jenen der Gruppe RSO_4 vorhanden; hingegen die übrigen Zonen sind nur mit Aufopferung der einfachen Zahlenverhältnisse vergleichbar zu machen.

Eine ähnliche partielle Übereinstimmung ergibt sich zwischen Brochantit und Atacamit. Auch hier könnten einzelne chemische Bestandtheile als gleichartig angesehen werden. Sei es, dass man älteren Angaben folgend schreibt:

[1] Scheinbar eine Folge der in beiden Sippen vorhandenen SO_4.

Brochantit $CuOSO_3+3CuOH_2O$
Atacamit $CuCl_2+3CuOH_2O$,

oder dass man [1] bezeichnet

Brochantit mit $\begin{cases}Cu(HO)_2—Cu(HO)_2\\Cu(HO)_2—Cu(SO_4)\end{cases}$

und Atacamit „ $\begin{cases}Cu(HO)_2—Cu(HO)_2\\Cu(HO)_2—CuCl_2\end{cases}$

Nach Miller ist am Atacamit der Prismenwinkel

$$ae = 52°50'$$

ein Werth, welcher mit dem für *bm* vom Brochantit nahe übereinstimmt. In den anderen Zonen ist hingegen geringe Übereinstimmung zu erkennen. Also gerade jener Winkel, dessen Vorhandensein früher als eine Folge von SO_4 angesehen ward, müsste hier eine Folge von dem Complex CuH_2O_2 sein! Es lässt sich nicht läugnen, dass durch ein solches Beispiel die Lehre von einem directen Zusammenhang zwischen Form und gleichartigem Theile des chemischen Symbols (welchen manche Autoren als allgemein geltend voraussetzen), wenig Ermunterung findet.

Eine bessere Übereinstimmung, ja fast Homöomorphie, herrscht hingegen zwischen den Formen des Brochantit und Malachit. Nach Lang, Phil. Mag. 28, p. 55 ist das Axenverhältniss des monoclinen Malachits

$$\eta = 91°\ 3' \quad a:b:c = 0{\cdot}7823:1:0{\cdot}4036$$
$$010:110 = 52°\ 2'$$
$$100:101 = 61\ 53$$

welche Zahlen mit den Werthen für *bm* und *av* vom Brochantit nahe übereinstimmen. Die chemischen Formeln beider Mineralien zeigen nur dann eine geringe Analogie, wenn man [2]

Malachit $CuH_2O_2+CuCO_3$
Brochantit $3CuH_2O_2+CuSO_4$

---

[1] Vergl. Ludwig (l. c.).

[2] Hier ist der gleichartige Theil, welcher die Formähnlichkeit hervorrufen könnte, im anderen multiplen Verhältnisse, als (vergl. oben) bei Atacamit, vorhanden.

schreibt. Trotzdem kann man mit Recht sagen, dass eine geometrische Formähnlichkeit zwischen Brochantit und Malachit existirt.

Die Ähnlichkeit muss ich hier hervorheben, obgleich (nach einem Ausspruche Hessenberg's, M. Not. IX/33, zu urtheilen) auf die Formähnlichkeit zwei differenter Species nicht alle Leser gleiches Gewicht legen. Der Grund für mich ist: die Vernachlässigung der Ähnlichkeit zwischen Brochantit und Malachit könnte nämlich Ursache werden, z. B. einen Brochantit von Rezbanya als Malachit zu beschreiben. In der nachfolgenden VI. Reihe dürfte die Untersuchung des Malachit Gelegenheit geben, einen hieher gehörigen Fall näher zu erörtern (vergl. Hessenberg, Min. Notiz, VI, Fig. 15).

§. 5. Winkeltabelle für Brochantit, bezogen auf ein monoclines Parametersystem.

Wie Malachit ursprünglich als prismatisch, später als monoclin mit einem Axenwinkel η nahe an 90° beschrieben ward, so nun der Brochantit. Die genaueren Messungen am Brochantit lassen sich nicht auf das prismatische Parametersystem Kokscharow's beziehen. Die Messungen der Pyramiden am Brochantit von Rezbanya gaben Werthe, welche auf tricline Symmetrie hinweisen. Die Krystalle der übrigen Fundorte und die übrigen Typen erlauben nur Messungen mit geringerer Genauigkeit. Letztere lassen sich auch durch ein monoclines Parametersystem und einen Axenwinkel nahe gleich 90° erklären. Ich füge hier eine Winkeltabelle ein, gerechnet [1] mit Zugrundelegung des monoclinen Parametersystems

$$\eta = 90°32'/_2 \quad a : b : c = 0{\cdot}779778 : 1 : 0{\cdot}48333.$$

---

[1] Die nachfolgende (monocline) Flächentabelle ward gerechnet mit Benützung der Messungen an Rezbanya-Brochantit I. Typus und mit Zuhilfenahme der Hypothese, dass das Prisma 110 monoclinen Charakter hat, das heisst, dass $\frac{mm'}{2} = am$ ist. Letzteres ist aber (vergl. p. 18) nicht vollkommen genau, daher bei Typus I dieselben Werthe ein triclines Parametersystem begründen.

Zur mit Methode der Differenzen durchgeführten (monoclinen) Rechnung wurden also $\frac{mm'}{2} = am$; $m\pi$, $r\pi$, $e\pi$ benützt (vergl. p. 21, 22 u. 28).

Diese Winkeltabelle genügt, um die Lage und Indices aller bekannten Flächen der Brochantitgruppe zu fixiren. Da die Winkel bei den einzelnen Typen vielleicht etwas variiren, so ist zur Erkennung der Flächen eine solche allgemeine Winkeltabelle nothwendig. Die genaueren Werthe für die einzelnen

---

Der Einfachheit wegen ward die Rechnung mit dem Index 211 und mit $\frac{c}{2}$ durchgeführt. Das zu Grunde gelegte (prismat.) Axenverhältniss war:

$$\eta = 90° \quad a : b : \frac{c}{2} = 0{\cdot}780350 : 1 : 0{\cdot}241926 ;$$

daraus folgen die Differenzengleichungen für

	(prism.) gerechnet	— beobachtet	da	$d\frac{c}{2}$	$d\eta$
211 011	31° 4'38"	—31°15'	—1947·57	+5934·69	—0·258957
211 120	63 22 55	—63 38	+1513·58	—4935·16	—0·287009
211 110	57 56 18	—58 11	+1780·45	—6168·17	—0·505262
211 $1\bar{1}0$	73 33 30	—73 48	+2583·89	+13867·42	—0·557471
211 $1\bar{2}0$	83 44 53	—83 51	+2199·11	+5147·84	—0·404714
110 100	37 58	—38	+2136·68	0	0

Hieraus berechnen sich nach bekannten Methoden (vergl. mein Lehrb. phys. Min. I) die nachfolgenden drei Gleichungen:

$$+26'532 - 8016{\cdot}13\,da - 5441{\cdot}41\,d\frac{c}{2} + d\eta = 0$$

$$+18'995 - 2522{\cdot}09\,da - 46411{\cdot}07\,d\frac{c}{2} + d\eta = 0$$

$$+28'457 - 3593{\cdot}92\,da - 7753{\cdot}92\,d\frac{c}{2} + d\eta = 0$$

Diese Gleichungen geben

$$da = -0{\cdot}0057167 \qquad a_1 = 0{\cdot}779778$$

$$d\frac{c}{2} = -0{\cdot}00026062 \qquad \frac{c_1}{2} = 0{\cdot}24166 \qquad c_2 = 0{\cdot}48333$$

$$d\eta = -32'32" \qquad \eta_1 = 89°27'28" \qquad C_1 = 90°32'32" \qquad C_1 = 2\pi - \eta_1$$

Der Werth von $C_1 > 90°$ besagt: dass die beobachtete Pyramide in einem negativen Quadranten liegt, und deshalb statt 211 wie oben das Symbol $\bar{2}12$ erhalten muss. Letzteres angenommen gibt $\eta_2 = 90° 32\frac{1}{2}'$ ferner c_2 und die nachfolgende Winkeltabelle.

Typen sind bei der Discussion der letzteren angeführt (vergl. namentlich Winkeltabelle [triclin] des I. Typus). Die Grenzen der Winkelwerthe, innerhalb welcher die Messungen für $\pm$Flächen eines Index variiren können, gibt wegen $\eta > 90$ die hier folgende (monocline) Winkeltabelle an.

	a 100 [1]	*b* 010	*c* 001	*e* 012
a 100		90°	89° 27'5	89° 28'5
m 110	37° 56'8	52 3'2	89 34·5	81 16·6
n 340	46 6·9	43 53·1	89 38	—
r 120	57 20	32 40	89 42·5	78 18·4
μ 730	18 28·8	71 31·2	89 29·1	85 13·9
λ 610	7 24·3	82 35·6	89 27·6	87 44·7
z 012 Zwill.	90 31·5	76 25	13 35	1 3
i 011	89 36·7	64 12·5	25 47·5	12 12·5
v 101	57 49	90	31 38·5	—
x 201	38 40·5	90	50 47	52 4·7
ξ $\bar{2}01$	39 6·3	90	51 26·2	52 42·2
o 112	72 45·5	76 58	21 23·5	16 43
ω $\bar{1}12$	—73 43	76 56	21 31	16 48·5
p 212	58 32·5	78 26·5	33 29	30 55
π $\bar{2}12$	—59 19	78 20·6	33 47·5	31 13
$\bar{p}$ 212	Zwilling	—	—	31 58
$\bar{\pi}$ $\bar{2}12$				30 10
s 136	83 45	76 30	14 42	5 43·5
σ $\bar{1}36$	—84 47	76 29	14 43·5	5 44·5
f 616	57 54	86 6	31 52	32 41·5
φ $\bar{6}16$	—58 41	86 4	32 9·5	32 57·7
t 532	38 23	68 37·5	59 19·5	54 26·8
τ $\bar{5}32$	—38 43·5	68 27·5	60 3·5	55 9·2
k 12.1.4	28 19·3	86 44·2	61 21·7	61 21·8
$\varkappa$ $\bar{1}2.1.4$	—28 38·8	86 42·7	62 12	62 10·3
g 313	58 8·8	82 14·2	32 29·1	31 36·3
γ $\bar{3}13$	—58 55·5	82 10·2	32 47·3	31 52·8

[1] Der Kürze wegen setze ich statt $180° - x°$ direct $-x°$.

	m 110	m' $1\bar{1}0$	r 120	r' $1\bar{2}0$
m $\bar{1}10$	$:2\bar{m}_c=0°51'$	75° 53'5	19' 23'3	—
r 120	—	95 16·6	—	114° 40'
e 012	81° 16'6	—82 6·9	78 18·4	—78 53·2
i 011	74 4·7	—74 52·8	68 13·7	—68 47·7
x 201	52 0·1	—	65 4·7	—
ξ $\bar{2}01$	—52 16·2	—	—65 14·3	—
x 201	$:\mu=42°13'7$	$:k=11°\ 0'7$		$:g=20°36'3$
ξ $\bar{2}01$	$:\mu'=42\ 36·6$	$:\varkappa=11\ 12·1$		$:\gamma=20\ 57·1$
o 112	68 11	85 6·7	69 35·4	91 42·7
ω $\bar{1}12$	—85 16·6	—68 54 5	—91 34·7	—70 2·6
p 212	57 39·5	73 14·5	63 13·3	83 31
π $\bar{2}12$	—73 50	—58 13·5	—83 57	—63 36·7
s 136	76 44·5	86 42	75 12·9	97 54·6
σ $\bar{1}36$	—85 51·5	—77 34	—98 30	—75 46·5
f 616	62 33·3	67 49·3	69 52·6	76 42·9
φ $\bar{6}16$	—68 25·7	—63 6·7	—77 8·1	—70 13
t 532	32 37·3	66 48	43 7·1	83 19·7
τ $\bar{5}32$	—67 5	—32 45·3	—83 34·4	—43 5·6
k 12.1.4	43 11·2	48 45·3	58 28·2	$:\mu=31°28'$
$\varkappa$ 12.1.4	—48 54·7	—43 17·1	—64 48·5	$:\mu'=31°29\frac{1}{2}'$
g 313	60 2·9	70 32·7	66 33·5	80 22·5
γ $\bar{3}13$	—71 8·3	—60 36·5	—80 34	—66 50·6

Diese Winkel gestatten aus eventuellen Messungen die Indices abzuleiten. In der späteren Nummer wird der Grad der Präcision bestimmt werden, welche dieser Winkeltabelle überhaupt zukommt. Für den I. Typus liegen Messungen vor, die genauer sind, als die Präcision dieser Tabelle, und letztere wird deshalb für den genannten Typus unanwendbar. Für die Typen II—IV hingegen liegen nur Messungen geringerer Präcision vor, und diese können mit obiger Tabelle verglichen werden.

§. 6. Typen.

Die nachfolgende Detailforschung hat ergeben, dass in der Gruppe des Brochantit bisher zahlreiche Varietäten vereint sind, welche weder chemisch noch morphologisch idente Charakteristiken haben. Die Zahlen der chemischen Analysen variiren zwischen $6CuO\ 2SO_3\ 6H_2O$ und $8CuO\ 2SO_3\ 9HO$. Die morphologischen Verhältnisse lassen sich wohl noch auf einerlei Grundgestalt beziehen, allein trotz dieser in den Winkeln sich aussprechenden Homöomorphie sind doch vier Typen der Gestalt unterscheidbar. Eine definitive Trennung auf Grund der Messungen ist um so schwieriger, da schon die Ähnlichkeit des Brochantit und Malachit lehrt, dass zwischen den Gruppen der Kupferoxydsalze Homöomorphie herrscht.

Mit Rücksichtnahme auf alle diese Verhältnisse glaube ich mit ziemlichem Rechte folgende Trennung des Materials anzunehmen.

I. Typus. Brochantit von Rezbanya. Varietät *a*: schwarzgrün (nicht analysirt); Varietät *b*: lichtgrün ($CuO = 65 \cdot 59\%$; HO?; $SO_3 = 17 \cdot 5\%$). — Brochantit von Cornwall und Russland.

Anhang zum Typus I. Undeutlich krystallisirte Varietäten verschiedener Fundorte ($7CuO\ 2SO_3\ 6H_2O$) und künstliche Substanzen ($6CuO\ 2SO_3\ 6H_2O$).

II. Typus. Warringtonit von Cornwall ($3CuH_2O_2 + CuSO_4 + H_2O$). — Varietät *c* von Rezbanya.

III. Typus. Brochantit von Nischne-Tagilsk (nicht analysirt).

IV. Typus. Königin von Russland. — Varietät *d* von Rezbanya ($3CuH_2O_2 + CuSO_4$).

XXXIII. Das Krystallsystem des Brochantit, Typus I. Schwarzgrüne Varietät *a* von Rezbanya.

§. 1. Paragenesis.

Rezbanya lieferte in früheren Zeiten, als man die oberen Teufen der Kupferbleierze abbaute, Brochantite. Jetzt ist die

Mehrzahl der früher sehr ergiebigen Werke theils abgebaut, theils aufgelassen und nicht wieder auszurichten. Alle Stufen stammen deshalb aus früherer Zeit, und manche paragenetisch wichtige Frage kann deshalb nur nach den wenigen Handstücken der Museen entschieden werden. Letzteres ist um so unangenehmer, als schon die obige Aufzählung vier Varietäten dieses Fundortes unterscheiden lehrt. Kupferoxydsalze sind von zwei Orten nächst Rezbanya bekannt. Brochantit allein oder in Begleitung von Linarit stammt von der Grube Reichenstein [1], in der Bergcolonie Valle Sacca, 1 Meile nordöstlich von Rezbanya; Caledonit mit Linarit (und Brochantit?) von der Grube Josephi II^{di} zu Dolea am Bihar, $1^3/_4$ Meilen südöstlich von Rezbanya. Die Erzstöcke der ersteren finden sich in Grünstein, der mit Syenit den Jura und Neocomkalk durchsetzt. Die Erze zu Dolea sind in metamorphischen Glimmerschiefer eingebettet. Peters hat l. c. die allgemeinen paragenetischen Verhältnisse des Brochantit von Rezbanya entwickelt. Im Nachfolgenden werden ergänzende, aber nur wenig differirende Beobachtungen seine Untersuchungen vervollständigen. Hiezu dienten mir die in den Sammlungen von Wien und Pest vorhandenen ziemlich zahlreichen Exemplare.

Typus I, Varietät *a*. Handstücke mit Krystallen dieses dunkel schwarzgrünen Brochantit sind sehr selten. Das k. Hof-Mineraliencabinet, die Wiener Universitäts-Sammlung und das Pester National-Museum besitzt solche. Die von Peters angeführten Stücke (l. c. 165, Alinea 2 u. 3) gehören nach meiner in Pest selbst vorgenommenen Besichtigung nicht diesem Typus an.

Die Krystalle sind 2—3 Millim. gross, Zwillinge, scharfkantig, stark glänzend und von schwarzgrüner Oberflächenfarbe. Abgespaltete Blättchen sind tief smaragdgrün, durchsichtig. Die dunkle Frage macht die Frage (vergl. spätere Nummer, p. 30 u. 77) nach der chemischen Constitution zur wichtigsten; allein das Materiale ist zu spärlich vorhanden, um für eine vollstän-

---

[1] Vergleiche die umfassende Monographie von Rezbanya. Peters, Sitzungsb. 1860.

dige Analyse etwas hievon opfern zu können. Sitzen doch beispielsweise auf U. S. 2951 nur wenige Krystalle. Einige kleine Fragmente (4 Milligr.) wurden von mir benützt, auf trockenem Wege mindestens den Kupfergehalt annähernd zu ermitteln. Es ergab sich

$$CuO = 66 \cdot 6\%.$$

Diese Brochantit-Krystalle sitzen auf Kupferschwärze mit Limonit und Ocher und sind vom Malachit begleitet. Ihre Bildung ist mit der des Malachit gleichzeitig: erstere beginnt später, schliesst aber früher ab. Die feinen Malachitnadeln bedecken deshalb immer partiell die Brochantite. Letztere sind in ihrem Vorkommen auf spärlich verstreute einzelne Krystalle beschränkt, ohne Drusen zu bilden. In einzelnen Fällen kommt noch eine jüngere Brochantitbildung hinzu, welche Drusen und dichte Krystallgruppen (jüngeren Alters als die schwarze Varietät *a*) hervorruft. Von beiden Fällen lagen mir ausgezeichnete Handstücke vor. Einzelne beabsichtige ich näher zu besprechen:

H. M. C. 23/27. Auf einer mit Malachit durchzogenen Quarzbreccie sitzt ochriges Brauneisen. Letzteres hat erbsensteinähnliche Textur und ist überdies stark mit Kupferschwärze vermengt. Auf der Bruchseite sitzt in den Höhlungen bleihaltiger Wismuthocher. Die schwarzbraunen Kugeln haben deutliche Schalenbildung und hinterlassen durch ihr Herausfallen entsprechende Hohlräume. Über das Brauneisen breitet sich mit kuglig welliger Oberfläche eine 2 Millim. dicke Schichte Malachits aus, welche wie ein kurzgeschorenes Rasenbett, aus einem Gewirre ganz kurzer feiner Malachitnadeln besteht. Diese Oberfläche erscheint daher mit mattem, sammtähnlichem Glanze. An einzelnen Stellen ragen aus diesem Malachitbette 1—3 Millim. grosse, glänzende, schwarzgrüne bis schwarze Brochantitkrystalle zu $^2/_3$ ihrer Grösse hervor. Sie sind älter als der sie partiell bedeckende Malachit. Ihre gewöhnliche Form ist durch die Flächen *bmre* begrenzt; die Flächen *mr* sind gestreift, auf den Flächen *e* läuft meist eine starke Zwillingsnaht, ungefähr parallel *b*; die Krystalle scheinen in der Mehrzahl nur einen einfachen Zwilling, keine Vielinge zu bilden. Pyramidenflächen sind an

[1] Ich bemerke, dass Peters l. c. die einzelnen Varietäten von Rezbánya nicht unterschieden hat.

einzelnen Exemplaren vorhanden. Diesem Handstücke gehören die später zu beschreibenden Krystalle 1—5 an [1].

Wien.-Univ. Nr. 2971 ist ein prachtvolles Handstück. Dessen Muttergestein ist eisenhaltige Kupferschwärze gemengt mit etwas Malachit. Der Obertheil ist drusig ausgehöhlt und mit einer Kruste von Brochantit in zahlreichen kleinen lichtgrünen Krystallen der Varietät *b* (siehe folgende Nummer) bedeckt. In Mitte derselben, durch dieselben theilweise verdeckt, sitzen einige wenige schwarzgrüne, 2 Millim. grosse glänzende Krystalle unseres Typus I, Varietät *a*. Einer der noch im Centrum des Handstückes aufsitzenden Krystalle ist namentlich durch seine auffallende Form, die einem Prisma mit quadratischer Pyramide ähnlich sieht, bemerkenswerth (vergl. Fig. 10). Von diesem Handstück konnte Krystall 10 für die nachfolgende Discussion verwerthet werden.

§. 2. Krystallsystem des Brochantit I. Typus; Varietät *a*.

Eine sorgfältige Auswahl der Krystalle unserer schwarzgrünen Varietät *a* liefert eine geringe Anzahl von Exemplaren, welche nebst den Prismenflächen auch noch Pyramidenflächen haben. In der Prismenzone zeigt jeder Krystall vielfache Streifungen und auf den Flächen *m* und *r* mehrfache, meist doppelte Reflexe. Die Distanzen dieser doppelten Reflexbilder haben eine gewisse Regelmässigkeit, welche nicht erlaubt, irreguläre Verwachsungen anzunehmen. Es können dieselben nur durch Zwillingsbildung erklärt werden. Die Bestimmung der Pyramiden basirt vor allem auf ihrer Distanz zu *m* oder *r*, welche an einzelnen Krystallen genau messbar ist. Die Winkeln der Fläche *e* sind hingegen höchst selten scharf messbar. Stellt man die besten Beobachtungen zusammen und vergleicht sie

[1] Ein ähnliches Handstück von Rezbanya sah ich im Pester National-Museum (unter Nummer 115/3 Lobkowitz. Samml.). Auf einem Gemenge von Linarit mit Bleiocher (vergl. die Paragenesis der nachfolgenden Varietät *b*) hat sich eine Calcitdruse entwickelt. Auf dieser sitzen einzelne Kugeln von kurzrasenförmigem Malachit, in welchen einige Brochantitkrystalle eingewachsen sind. Diese letzteren sind mattglänzend und schmutziggrau. Trotz ihrer Farbe kann man diese Brochantite der Varietät *a* zuzählen. Ihrer Form und dem paragenetischen Vorkommen nach stehen sie der Varietät *a* näher, als der nachfolgenden Varietät *b* (vergl. nachfolgende Nummer). Lose Krystalle hiervon konnte ich nicht untersuchen.

entweder mit der (prismatischen) Winkeltabelle nach Kokscharow (p. 7) oder mit der (monoclinen) Winkeltabelle, welche ich zur allgemeinen Bestimmung der Flächenindices (p. 11) gegeben habe, — so bleiben noch immer Differenzen zurück, welche sich nur durch die Annahme des triclinen Systems erklären lassen. Nur bei letzterer Annahme genügt die Rechnung der Präcision der Messungen.

Die Ableitung des triclinen Parametersystems — bei der durch das Material gebotenen Beschränkung auf wenige Krystalle — erforderte eine Verwerthung fast jeder Messung. In Folge dessen muss ich auch den folgenden Paragraphen eine kurze Discussion der Messungen anfügen. Um aber die Messungen noch verständlicher zu machen, gebe ich vorerst die (tricline) Winkeltabelle.

Die (triclinen) Symbole (vergl. Fig. I) [1] der an dieser Varietät dominirenden Flächen (untergeordnet kommt noch $n' f \varphi$, vergl. p. 8 vor) sind:

b	m	m'	r	r'
010	110	$1\bar{1}0$	120	$1\bar{2}0$
$\infty\breve{P}\infty$	$\infty P'$	$\infty' P$	$\infty\breve{P}'2$	$\infty' P2$
g'	t	m	g^3	${}^3g$

p	p'	π	π'
212	$2\bar{1}2$	$\bar{2}12$	$\bar{2}\bar{1}2$
$\breve{P}2$	$'\breve{P}2$	$\breve{P}_{,}2$	$_{,}\breve{P}2$
$f' d^{\frac{1}{2}} h^{\frac{1}{2}}$	$d' f^{\frac{1}{2}} h^{\frac{1}{2}}$	$b' c^{\frac{1}{2}} h^{\frac{1}{2}}$	$c' b^{\frac{1}{2}} h^{\frac{1}{2}}$

§. 3. Winkeltabelle und triclines Parametersystem.

Das der nachfolgenden Tabelle zu Grunde liegende Parametersystem ist:

$$a : b : c = 0{\cdot}810344 : 1 : 0{\cdot}494643$$

$$\xi = 89°52' \qquad \eta = 90°22' \qquad \zeta = 89°\,3'3.$$

Um die Tabelle möglichst compress zu gestalten, so werden statt den Winkeln $180 - x°$ einfach $-x°$ gesetzt. Die

[1] Der Deutlichkeit wegen ward zur Construction Fig. 1 der Winkel $cc = 17°$ benützt; daher differirt Fig. 1 und Fig. 2.

Zwillingsflächen werden wie gewöhnlich überstrichen. Um die Zwillingsgesetze in der Winkeltabelle ersichtlich zu machen, so sind sie durch ein dem Symbol beigegebenes (*a*) oder (*b*) gekennzeichnet. Ersteres bedeutet, dass die Zwillingsaxe senkrecht auf (*a*), letzteres, dass sie normal zu (*b*) sei. Um die parallelen Flächen (der Rückseite) zu kennzeichnen und um ihre Differenz von Zwillingssymbolen oder den Stellenzeichen der Quadranten anzuzeigen, habe ich einen Strich den Buchstaben vorgesetzt. Es bedeutet dann z. B. $-m'$ die zu m' parallele Fläche in den negativen Quadranten der Rückseite. Man könnte denselben Zweck hier auch durch die Signatur $m'_{2\pi}$ erreichen, was die Differenz von 180° gegen m' andeuten würde.

	a 100	*b* 010	*c* 001	$-\bar{b}_{[a]}$
a 100		−89° 2'20"	89°37'50"	89° 2'20"
b 010	90'57'40"		90 8 10	1 55 20
c 001	89 37 50	−89 51 50		
m' $1\bar{1}0$	37 38 10	−51 24 10		−53 19 30
m 110	38 21 50	52 35 50		50 40 30
r' $1\bar{2}0$	56 42 10	−32 20 10		−34 15 30
r 120	58 3 55	32 53 45		30 58 25
v 101	58 19 40	90 33 55	31 18 10	vab=−89°52'
V $\bar{1}01$	−58 51	−90 22	32 6 40	abV=−58°49'2
e 012	89 52	76 18	13 50 10	
e' $0\bar{1}2$	89 25	−76 3	13 48 15	−76° 4'30"
p' $2\bar{1}2$	58 55 15	−77 35	33 23	−78 35 30
p 212	59 14 40	78 40	33 8 30	77 41
π' $\bar{2}12$	59 26 5	77 43	33 40	78 45
π $\bar{2}\bar{1}2$	59 46 40	−78 27 30	33 19 20	−77 28

	m' $1\bar{1}0$	*m*(110)	$\bar{m}'_{[a]}$	$\bar{m}_{[a]}$
m' $1\bar{1}0$		−104° 0' 0"	75°16'20"	0°43'40"
m 110	76° 0' 0"		−179 16 20	76 43 40
$\bar{m}'$ [*b*]	−102 48 20			
$\bar{m}$ [*b*]	1 11 40	−105 11 40		

	$m'\,1\bar{1}0$	$m(110)$	$\bar{m}'_{[a]}$	$\bar{m}_{[a]}$
$r'\,1\bar{2}0$	19° 4'			18°20'30"
$r\,120$		19°42' 5"	20°25'45"	
$e\,012$	98 12 45"	81 26	—98 25 20	98 21 20
$e'\,0\bar{1}2$	81 3	98 7	97 59 30	—99 3 30
$p'\,2\bar{1}2$	57 40	73 56 30	73 34 30	
$p\,212$	73 45 30	58 7		74 7 8
$\pi'\,\bar{2}12$	—58 7 50	—74 11	—73 49 30	
$\pi\,\bar{2}\bar{1}2$	—74 15 40	—58 24	—58 17	—74 36 30

	$r'\,1\bar{2}0$	$r\,120$	$\bar{r}'_{[a]}$	$\bar{r}_{[a]}$
$r'\,1\bar{2}0$		—65°13'55"	113°24'20"	1°21'45"
$r\,120$	114°46' 5"		—178 38 15	116 7 50
$\bar{r}'_{[b]}$	—64 40 20	0 33 45		
$\bar{r}_{[b]}$	—179 26 15	—65 47 30		
$e\,012$	101 20 30	78 20	—101 29 30	101 31 40
$e'\,0\bar{1}2$	78 3 10	101 29	101 17 30	—102 7
$p'\,2\bar{1}2$	62 52 40	84 23	83 38	63 22
$p\,212$	83 43 30	63 36		
$\pi'\,\bar{2}12$	—63 44 30	—84 56 50		
$\pi\,\bar{2}\bar{1}2$	—84 35 10	—64 11 10		

	$e(012)$	$e'(0\bar{1}2)$	$\bar{e}'_{[a]}$	$\bar{e}_{[a]}$
$p'\,2\bar{1}2$	40°32'	30°30'	31°40'	
$p\,212$	30 37 30"	40 0		30°53'30"
$\pi'\,\bar{2}12$	30 42	40 0		
$\pi\,\bar{2}\bar{1}2$	40 42	30 48	29 38 20"	
$e'(0\bar{1}2)$	27 39		1 10	27 39 30

§ 4. Indices und Winkel der Prismenflächen und der Pyramide p.

Die Annahme eines triclinen Parametersystems für die Brochantite I. Typus war die Folge einer consequenten Discussion

jedes einzelnen Messungsresultates. Einer solchen Discussion konnten anfangs nur jene gerechneten Winkel zu Grunde gelegt werden, welche in der früheren (monoclinen) Winkeltabelle (p. 11) angegeben sind. Die Differenzen (vergl. später p. 39) waren jedoch in der Zone des Prisma so charakteristisch, dass die Hypothese eines monoclinen Parametersystems bald verlassen werden musste. Schwieriger gestaltete sich aber die Annahme eines richtigen triclinen Axensystems, indem, wie auch die nachfolgenden Angaben zeigen werden, immer nur einzelne Quadranten gemessen werden konnten. Hiedurch wird namentlich die Bestimmung der Fläche 001, die Unterscheidung von p und π sehr schwierig. Es mussten daher die Messungen jedes Krystalls auch dazu benützt werden, sie selbst zu controliren. Durch diese Controlrechnungen konnten dann die Winkel der Pyramiden bestimmt und die Messungen verschiedener Krystalle auf einander bezogen werden.

Diese weitläufigen Rechnungen anzuführen, werde ich im Nachfolgenden vermeiden. Ich gebe jedoch die Messungen in einer Reihenfolge, welche dem Leser ermöglichen soll, dieselben vollkommen zu controliren oder zu Rechnungen mit anders lautender Grundhypothese zu verwenden. Ich füge die gerechneten (triclinen) Winkel bei. Um die Genauigkeit des Resultates erkennen zu lassen, füge ich auch die Zahlen für die relativen Gewichte der Beobachtungen bei [1].

Krystall 1, $1^1/_2$ Millim. hoch, 1 Millim. dick. In der Prismenzone ist die Zwillingsbildung nicht deutlich erkennbar. Am Obertheile des Krystalls ist eine Pyramidenfläche (p) einseitig entwickelt; ebenso ist auch das Doma (e) einseitig vorhanden, überdies durch Zwillingsstreifen ($\bar{e}$) unterbrochen. Den Untertheil des Krystalls bilden zwei einseitig entwickelte, mit einem einspringenden Winkel an einander stossende Pyramiden ($-\pi'$, $\bar{p}'$?), deren Ausbildung jedoch nur annähernde Messungen gestattet.

---

[1] Über das Gewicht vergl. Nummer XLI. Ich setzte unabhängig von der (hier vorerst ganz unbekannten) Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung das Gewicht einer mit dem Ausbildungsfehler $\pm 1'$ behafteten Messung gleich 1. Ausführlichere Daten vergl. p. 82 und p. 86.

Fig. 3 stellt den beobachteten Krystall in ziemlich natürlichen Verhältnissen dar, während Fig. 4 mit Rücksicht auf diese beobachtete Form symmetrisch und zwar als Zwilling construirt ist. Die Drehungsaxe ist senkrecht zur Fläche (100), die Juxtaposition erfolgt in der Zone (100)(001) (vergl. p. 28).

	Beobachtet	Gew. $= 4g_1$	Gerechn. (tricl.)
$r'm' =$	19° 9'	1/4	19° 4'
$m'm =$	75 48	1/4	76 0
$mr =$	19 58	1/8	19 42·5
$mp =$	58 11	1	58 7
$r'p =$	83 51	1/4	83 43·5
$m'p =$	74 5	1/8	73 45·5
$p:-\breve{e} =$	31 1/4°		30 53·5
$mp^{\bar{7}} =$	73 1/8		73 34·5

Ähnliche Form und Winkel hat Krystall 110 (vergl. p. 39).

Krystall 5, von 1 Millim. Grösse, mit vollkommen glänzenden Flächen, aber nur einseitig entwickelter Pyramide p (Fig. 5). r ist undeutlich. Die Zwillingsbildung ist an dem Krystallfragmente auf eine kleine Partie der rechten Seite beschränkt, und beeinflusst daher b rechts, sowie sie einen einspringenden Winkel zwischen p und $(-\bar{\pi}?)$ oben hervorruft.

	Beobachtet	Gew. $= 4g_1$	Gerechn. (tricl.)
$r'm' =$	19' 3'	4	19' 4'
$mm' =$	76 0	4	76 0
$rm =$	19 21	1/28	19 42·5
$-bm' =$	51 41	1/8	51 24·2
$-br =$	−32 58	1/8	−32 53·7
$m'p =$	73 48	1	73 45·5
$r'p =$	83 41	1	83 43·5
$rp =$	63 38	1	63 36

Aus den fünf mit den Gewichten 4 oder 1 bezeichneten Werthen lassen sich mit Genauigkeit die folgenden Werthe ableiten:

$$b\,(010) : a\,(100) = 90°57'40''$$
$$b\,(010) : p\,(212) = 78\ 40$$
$$\measuredangle\, pba = 58\ 20$$

§. 5. Lage und Indices der Pyramide p' $(2\bar{1}2)$ und des Doma (101).

Das eben erhaltene Resultat des §. 4 erlaubt die Messungen am Krystall 2 zu berechnen. Letzterer, 1 Millim. gross, ist ein durch Spaltung nach b abgeplattetes Fragment, welches die Pyramide p' und die Flächen $m'n'r'$ zeigt. Letztere und e' sind nicht scharf messbar. An der linken Seite (vergl. Fig. 6) in Mitte der Fläche r' beginnt Streifung und Zwillingsrepetitionen von r' mit r.

	Beobachtet	Gew. $= 4g_1$	Gerechn. (tricl.)
$bp' =$	$-77°35'$	$1/_9$	$-77°35'$
$m'p' =$	57 45	$1/_9$	57 40
$rp' =$	63 45	$1/_{25}$	63 22

folgt

$\sphericalangle p'ba = 58'25'$ $\qquad$ $\sphericalangle pba = 58°20'$

Rechnet man aus den Beobachtungen direct den Winkel $p'ba$, so zeigt der Vergleich dieses Winkels $p'ba$ mit dem Winkel pba (vorhergehender Paragraph), dass nur eine Differenz von 5′ besteht. Nach den Messungen läge somit p' nur 5′ ausserhalb der Zone bp. Diese Differenz ist wohl zu vernachlässigen, und die Fläche $p'(2\bar{1}2)$ in die Zone von $bp = (010)(212)$ einzusetzen. Unter letzterer Annahme sind die obigen (triclinen) Winkel gerechnet [1], mit welchen die besseren Beobachtungen vom Gewichte $1/_9$ gut stimmen.

Aus den bekannten bp, bp' und abp folgt ferner:

$$ap' = 58°55'$$
$$a(100) : v(101) = 59°19'40''$$
$$\sphericalangle vab = -89°52' = bc \text{ circa}$$
$$bv = -89\ 26\ 5''$$
$$\zeta = 89°52'.$$

[1] So lange nur p und p', nicht aber 001 bestimmt ist, liesse sich auch die Hypothese eines monoclinen Systems (vergl. frühere Winkeltabelle) rechtfertigen. Den Winkeln nach entspräche die tricline Fläche p' der monoclinen π, die tricline p' der monoclinen Fläche p.

Unter der Annahme, dass *ac* nahe gleich 90° ist, coïncidirt $\measuredangle vab$ nahe mit *bc*. Zur Ermittlung des Parameterverhältnisses fehlt deshalb nur noch die Entscheidung, ob die bisher beobachteten Pyramiden in den Quadranten mit $ac < 90°$ oder in jenen mit $ac > 90°$ gelegen sind.

§. 6. Die Lage der Fläche (001).

Aus der Menge der untersuchten Krystalle erlaubte ein einziges Individuum die Distanz *ac* zu ermitteln. An demselben waren nicht blos die Winkel scharf messbar, sondern auch eine Hälfte des Krystalls durch keine Zwillingslamellen gestört. Es ist dies

Krystall 10. W. Univ.-S. 2971. von $1^1/_2$ Millim. Grösse. Derselbe ist durch das Vorherrschen der Pyramidenflächen (vergl. Fig. 7) und durch das Zurücktreten der Flächen *e* eigenthümlich gestaltet. Seine linke Hälfte ist durch keinerlei Zwillingsstreifen unterbrochen, die Flächen glatt und einfach spiegelnd. Die rechte Hälfte des Krystalls ist jedoch durch eine wechselnde Reihe von Zwillingslamellen (parallel der Zone *ac*) unterbrochen. Es wechseln auf dieser rechten Seite Flächen der linken und rechten Quadranten streifenweise mit einander ab, jedoch sind erstere schmal entwickelt. Das Resultat dieser Repetitionen ist deshalb eine scheinbar homogene rechte Pyramidenfläche; allein in deren Messungsdaten (vergl. p. 28) kennzeichnet sich die abnorme Bildung. Das Zwillingsgesetz soll später p. 26 erörtert werden.

	Beobachtet	Gew. $= 4g_1$	Gerechnet triclin	Gerechnet prism.
$m' : -m =$	−76° 2′	1	−76° 0′	−76′24′
$m' : p' =$	57 40	1/4	57 40	57 56·3
$a : p' =$			*58 55	58 55
$p' : e' =$	30 30	1/4	*30 30	31 4·5
$e' : \pi =$	30 48	1/4	30 48	31 4·5
$p' : \pi =$	61 18	1	61 18	62 9
$b : e' =$	76½°		76 3	76 26

Diese Zone $p'\ e'\ \pi$ erlaubt 001 zu berechnen. Rechnet man aus bekannten ap' (früherer Paragraph) und $p'e'$ (gemessen), welche mit * bezeichnet sind, die übrigen Winkeln, so stimmen dieselben vollkommen mit der Beobachtung. Es beweist dies,

dass die hier mit p' bezeichnete Fläche ident mit p' vom früheren Paragraph ist. Es sind dadurch auch die Flächen e' und π in ihrer Lage bestimmt. Die aus den letztgenannten Werthen folgenden Winkel von ac, ae sind mit denjenigen der (triclin) Winkeltabelle p. 8 ident. Das im §. 2 angeführte tricline Parametersystem stützt sich ebenfalls auf diese Messungen.

Die oben beigegebenen prismatisch gerechneten Winkeln (vergl. p. 7) lassen trotz der Identität von ap' in den übrigen Winkeln grosse Differenzen hervortreten.

§. 7. Zwillingsbildung an Brochantit, Typus I.

Wie aus der Literatur der Feldspathe ersichtlich, ist die genaue Bestimmung der Zwillingsbildung eines als triclin erkannten Krystalls mit mancherlei Schwierigkeiten verbunden. Nur die schärfsten Messungen erlauben, deren Positionsgesetze zu erkennen. Ähnliche Schwierigkeiten ergeben sich bei der Discussion der Messung von Brochantitzwillingen.

Allbekannt ist die Streifung des Brochantit auf seinen Flächen e, welche sich mehr oder minder deutlich auch über die Prismenzone nach abwärts fortsetzt. Einspringende Winkel in dieser Zone ee' sind nicht selten. Sie treten theils einzeln auf, so dass sie den Krystall scheinbar halbiren, theils treten nur einseitig mehrere Zwillingslamellen auf; am häufigsten hingegen scheint der ganze Krystall aus einem Complex einzelner Schichten aufgebaut. An einem kaum $1^1/_2$ Millim. grossen Krystalle (ähnlich Fig. 8) von Rezbanya (Varietät b, vergl. folgende Nummer) von der W. Univ.-S. 2971 konnte ich ganz scharf 25 ziemlich gleich breite Zwillingslamellen zählen. Bedenkt man, dass der Brochantit ähnlich den Feldspathen parallel (010) seine Spaltungsrichtung hat, so darf man wohl die Zwillingsbildung des Brochantit mit der polysynthetischen Bildung der Plagioklase vergleichen.

Die Juxtaposition der Zwillingslamellen am Brochantit erfolgt scheinbar immer parallel der Spaltungsfläche b. Scheinbar sollte daher b (010) auch Zwillingsfläche sein. Die Mehrzahl der Messungen an den Prismenflächen widerspricht jedoch dieser scheinbar richtigen und einfachen Annahme.

Um die Lage der Brochantitflächen im normalen triclinen Krystall und in den möglichst einfachen Zwillingsstellungen zu versinnlichen, sind die nachfolgenden Schemata angegeben. In denselben ist bekanntlich:

$$bm > bm' \quad -m \| m \quad bp > bp' \quad b\pi > b\pi'$$
$$b:c > -b:c \quad a:b > a:-b.$$

Die Schemata zeigen die Lage der Flächen der oberen Hälfte des Krystalls und die untere Pyramide des Vordertheils. Die oberen Flächen $-c$ der Zwillinge III und IV sind die Flächen c vom normalen Individuum.

I. Normaler Krystall.

Oben

$-m \quad -a \quad -m'$

$\pi \quad \pi'$

$-b \qquad b$

$e' \quad c \quad e$

$p' \quad p$

$m' \quad a \quad m$

. . . . . .

$-\pi' \quad -\pi$

II. Zwilling nach c(001).

$m \quad a \quad m'$

$p \quad p'$

$e \quad c \quad e'$

$b \qquad -b$

$\pi' \quad \pi$

$-m' \quad -a \quad -m$

. . . . . .

$-p' \quad -p$

III. Zwilling nach a(100).

$-m' \quad -a \quad -m$

$-p' \quad -p$

$-e' \quad -c \quad -e$

$b \qquad -b$

$-\pi \quad -\pi'$

$m \quad a \quad m'$

. . . . . .

$p \quad p'$

IV. Zwilling nach b(010).

$m' \quad a \quad m$

$-\pi' \quad -\pi$

$-b \qquad b$

$-e \quad -c \quad -e'$

$-p \quad -p'$

$m \quad -a \quad m'$

. . . . . .

$\pi \quad \pi'$

Bezüglich der Coïncidenz der Zonen hebe ich hervor, dass normaler Juxtaposition

in Zwilling II die Zone ac fällt auf Zone ac vom Ind. I

				bc	bc	"
"	III	"	"	mm'	mm'	"
				ac	ac	"
"	IV	"	"	mm'	mm'	"
				bc	bc	"

Zu bemerken ist, dass statt den Normalen auf *a*, *b*, *c* auch *X*, *Y*, *Z*, d. h. die Krystallaxen selbst — als Zwillingsaxen angenommen werden könnten. Die schematische Lage der Flächen bliebe ähnlich der obigen. Nur die Coïncidenz der Zonen würde aufgehoben werden.

Die relative Lage der Flächen einer Combination von I und III versinnlicht die Projection Fig. 1, in welcher sich die vollen Kreise auf den Ind. I, die unterbrochenen Kreise auf das Zwillingsindividuum III (Zwilling nach *a*) beziehen.

§. 8. Die Zone *bm* an Zwillingen.

Wie man aus obigem Schema ersieht, sind bei Zwillingen nach II die Prismen von II coïncident mit jenen von I. Winkeldifferenzen sind deshalb unmöglich. Ein- oder ausspringende Winkel in der Prismenzone sind nur bei der Combination von I mit III oder IV möglich. Aus den Winkeln lassen sich aber auch diese beiden Fälle unterscheiden, denn es ist:

bei Zwillingen	nach *a* (100)	nach *b* (010)
	$m'_{\mathrm{I}} : \bar{m}_{\mathrm{III}} = 0°43'40''$	$m_{\mathrm{I}} : \bar{r}_{\mathrm{IV}} = 1°11'40''$
	$r'_{\mathrm{I}} : \bar{r}_{\mathrm{III}} = 1\ 21\ 45$	$r'_{\mathrm{I}} : \bar{m}_{\mathrm{IV}} = 0\ 33\ 45$

Die Mehrzahl der gemachten Messungen stimmt mit dem Gesetze III, und nur ein vereinzelter Krystall mit dem Gesetze IV (Zwill. nach *b*).

In der Prismenzone zeigen die wenigsten Krystalle einfache Reflexe. Die Mehrzahl der Krystalle lässt schon mit freiem Auge Streifungen und Repetitionen erkennen. Am Goniometer treten meist (auch auf den Flächen *b*) zwei getrennte Reflexe auf. Sind zahlreiche Zwillingslamellen vorhanden, so lässt sich schwierig das normale Individuum von seinen Zwillingen trennen. Als Beispiel eines einfacheren Zwillings nach *a* (100) ist Krystall 10 (vergl. früher p. 23) hervorzuheben:

beobachtet	gerechn. (triclin)
$m' : -m = -76°\ 2'$	$m'm = 76°\ 0'$
$\bar{m}'_{\mathrm{III}} : -m = 179\ 25$	$\bar{m}' : -m = 179\ 16\ 20''$

Unter den übrigen Beobachtungen finde ich nur die von Krystall 4 erwähnenswerth. Es ist dies der einzige Krystall,

dessen Prismenzone nach dem IV. Zwillingsgesetze (nach *b*) gebildet ist. Er ist 1 Millim. gross, plattenförmig, *p* und *m* angedeutet, *r* gut entwickelt. In der Zone *bm* ward fortlaufend beobachtet.

Beobachtet	Gerechnet
$b = 1°$ cir.	$-b = 1°21'50''$
$r_1 = 33\ 42'$	$r' = 33\ 42$
$r_2 = 34\ 8$	$r'_{IV} = 34\ 15\ 45$
$r_3 = 148\ 20$	$r = 148\ 28\ 5$
$r_4 = 148\ 51$	$r'_{IV} = 149\ 1\ 50$

Ich glaube, hier das für die Rechnung und Discussion einfachere Zwillingsgesetz: Drehungsaxe senkrecht auf *b* (010), beibehalten zu dürfen, weil die Messungen an Pyramiden oder Domenflächen fehlen, welche entscheidend wären. Die Winkel dieses Kr. 4 accommodiren sich drei Annahmen:

1. Zwillingsaxe senkrecht auf *b*, Juxtaposition parallel *b*;
2. Zwillingsaxe die Krystallaxe *X*;
3. Zwillingsaxe senkrecht auf *c* (001), Juxtaposition parallel *b*.

§. 9. Die Lage der Pyramidenflächen an Zwillingen.

Die Controle des Zwillingsgesetzes III ist in manchen Fällen durch Messungen an Pyramidenflächen möglich. Bei diesen Zwillingen (nach *a*) sind jedoch zweierlei Juxtapositionen möglich und vorhanden. Immer sind Zwillingslamellen vorhanden, die parallel [1] der Zone *ac* an einander gelagert sind. Hierdurch werden die Reflexe in den Zonen *be* und *bp* gestört und die Messungen ungenau. Weniger beeinflusst werden dadurch Messungen in den Zonen *ae*. — Eine zweite Art der Juxtaposition ist seltener. Sie erfolgt parallel *a* (100). Theile eines Zwillingsindividuums schieben sich parallel *a* ein, und unterbrechen partiell den richtigen Verlauf der Zone *ae* am normalen Indivi-

[1] Die Mehrzahl der Messungen stimmt mit einer Juxtaposition parallel *ae*; doch sind auch einzelne Messungen vorhanden, nach welchen die beiden Individuen zu einander geneigt sind, so dass $b : +\bar{b}_{III} = 179°30'$ circa ist. Dies würde eine andere Juxtapositionsfläche oder eine Zwillingsbildung nach der Krystallaxe *Y*, oder nach der Fläche *c* (001) erfordern.

duum. Für beide Fälle liegen zahlreiche Messungen vor (vergl. Projection Fig. 1).

Krystall 10. Zwilling nach *a*, Juxtaposition nach *ac* (scheinbar nach *b*). Die Messungen (p. 23 u. 26) beziehen sich bereits auf denselben. Hier ist das rechte Zwillingsindividuum zu bestimmen (vergl. Fig. 7).

	Beobachtet	Gerechnet triclin	Gerechnet prism.
$\bar{m}' : \pi =$	121°38'	121°43'	122° 3½'
$\bar{m}' : e' =$	97 50	97 59·5	97 19
$-\bar{\pi}' : -\bar{e} =$	30 45	30 42	31 4½
$-\bar{e} : -\bar{p} =$	30 27	30 37·5	31 4½
$-\bar{\pi}' : -\bar{p} =$	61 11	61 19·5	62 9

Krystall 3. Zwilling nach *a*, Juxtaposition parallel *a*. Derselbe hat zahlreiche Lamellen parallel *ac*, welche alternativ einspiegeln (vergl. Fig. 9). Von den Pyramiden ist nur die Fläche π ($\bar{2}\bar{1}2$) sammt der begleitenden φ ($\bar{6}\bar{1}6$) einseitig ausgebildet. Auch durch π laufen Zwillingsstreifen. Der Winkel $\pi : -\bar{e}'$ zeigt die Verhältnisse der Juxtaposition an.

	Beobachtet	Gerechn. (triclin)
$b : \pi =$	−77°28'	−77°28'
$-m' : \pi =$	74 10	74 15½
$\pi : -\bar{e}' =$	29 20	29 38½

Ähnliche Juxtaposition erfordert die Messung am Krystall 1 vergl. p. 21, Fig. 3):

beob. $p\bar{e} = 31°15'$ gerechn. (triclin) $= 30°53\frac{1}{2}'$

Analoge Winkel $29\frac{1}{2}°$ und 31° sind auch an minder deutlich entwickelten Krystallen häufig. Die Rücksichtnahme auf diese hat die Rechnung der (monoclinen) Winkeltabelle von p. 11 veranlasst.

Auf dem Handstücke der W. Univ.-S. 2971 (vergl. p. 16) sitzt ein eigenthümlicher Juxtapositionszwilling nach *a*. Seine Gestalt wird durch Fig. 10 möglichst naturgetreu wiedergegeben. Es sind nur die Flächen 110 und 212 vorherrschend ausgebildet. Die in Fig. 7 immer noch schwach entwickelte Fläche *e* tritt vollkommen zurück. Dafür ist vollkommen scharf ein einspringender Winkel parallel der Zone *bc* vorhanden. Der Krystall hat scheinbar fast pyramidalen Habitus. Der Krystall ward nicht

abgebrochen und daher ist die Flächenbezeichnung der Quadranten $p\pi$ willkürlich.

§. 10. Die Flächen *e* an Zwillingen.

Obgleich die Flächen $e\,e'$ scheinbar die Gestalt des Brochantit dominiren, so gelang es doch nicht, durch directe Messung absolut genaue Werthe für die Winkel *re*, *me* und *be* zu erhalten. Die Flächen *e* sind in diesen Zonen immer durch die grosse Anzahl der Zwillingslamellen vollkommen gestört. Allein, auch die Berücksichtigung dieser Zwillingsbildung bringt keine bessere Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung hervor. Z. B.:

Krystall 3. Zone bee'

$be_1 =$	$-73°25'$	gerechn. $76°\ 3'$
$be_2 =$	$-77\ 13$	$76\ 18$
$be_3 =$	$76\ 45$	

Krystall 10, Zone bee'

$e'\bar{e} =$ $28°38'$ $\qquad ee' = 27°39'5$

Letztere Messung scheint mit der Juxtaposition parallel *ac* nicht zu stimmen und würde die Hypothese einer Zwillingsbildung nach der Krystallaxe *Y* unterstützen. Die obige Messung von ee' würde jedoch zu ihrer Erklärung $b : \bar{b}_Y = 180°58'5$ oder $b : c = 90°29'2$ erfordern. Hiermit stimmen aber die früheren Messungen nicht, welche ergaben $bc = 90°\,8'10''$ und hieraus $b : \bar{b}_Y = 180°16'20''$.

Es bleibt nur noch der mögliche und wahrscheinliche Fall übrig, dass hier eine verschleierte Zwillingsbildung nach zwei Gesetzen auftritt. Hauptgesetz: Zwillingsbildung nach *a*, Juxtaposition nach *ac*. Secundäre Zwillingsbildung eingeschobener Lamellen: Zwillingsbildung nach *c* (001) oder nach *b* (010), Juxtaposition parallel *b*.

Letztere Annahme gäbe beispielsweise für den Krystall 10:

beob. $e'\bar{e}_c = 28°38'$ $\qquad$ gerechn. $\bar{e}' : \bar{e}_c' = 27°54'$

Jedenfalls lehren diese Messungen, dass zur absolut genauen Bestimmung der Juxtapositionsfläche das bisher benützbare Material nicht genügt.

Die aus den Pyramidenwinkeln abgeleiteten Werthe für *bc* und *be'* stimmen annähernd mit allen Messungen an einfachen Krystallen des Brochantits.

XXXIV. Brochantit I. Typus; Fortsetzung. Lichtgrüne Varietät *b* von Rezbanya. Resumé der Verhältnisse des I. Typus.

§. 1. Die chemischen und paragenetischen Verhältnisse der Varietät *b*.

Die lichtgrünen Brochantitkrystalle von Rezbanya sind weit häufiger als die dunkelschwarzen. Allein ihre Flächen sind weniger glänzend, ihre Form nicht so scharfkantig entwickelt. Dieselben sind, wie schon gelegentlich früher (p. 15) erwähnt, jünger, als die Varietät *a*. Sie bilden fast durchwegs dicht besetzte Drusen. Ihre Farbe erinnert schon an den bleihaltigen Caledonit. Trotzdem ist das Resultat der bisherigen Analysen von Werthheim in Peters l. c. und von Magnus nicht vollkommen genügend, um eine chemische Formel für dieselben mit Sicherheit annehmen zu können.

Werthheim[1] gibt 65·59 Proc. CuO mit etwas $PbOSO_3$; 17·54 Proc. SO_3 an.

Magnus[2] gibt 66·9 CuO, 1·04 PbO, 17·4 Proc. SO_3 an.

Eine Probe[3] mit 0·02 Gr. auf trockenem Wege[4] ergab mir[5] 69·5 CuO, 13·3 H_2O.

---

[1] Obgleich Werthheim weder Farbe noch Handstück seiner untersuchten Krystalle angibt, so ist doch aus der Paragenesis erkenntlich, dass dieselben vom Hof-Min.-Cab. 23/29 stammen.

[2] Die von Magnus analysirten Stücke gehören jedenfalls zu dieser Varietät. Er sagt: „Brochantit von etwas dunklerer Farbe als Malachit. In Krusten." Vergl. folgende Seite.

[3] Etwas Malachit konnte nicht beseitigt werden. Dies in Rechnung gebracht, würde den Kupfergehalt vielleicht unbedeutend vermindern, hingegen den auf Brochantit entfallenden Wassergehalt erhöhen.

[4] Bei sehr kleinen Quantitäten der schwefelsauren Kupferoxydsalze gelingt die Bestimmung des Wasser- und Kupfergehaltes genügend genau auf trockenem Wege durch successives Erhitzen bis zur Weissgluth im Platintiegel. Natürlich werden die zufällig dem CuO beigemengten

Die Resultate der Analysen von Magnus und Werthheim, sowie die innige paragenetische Beziehung dieser (*b*) Brochantit-Varietät zu Linarit lassen vermuthen, dass die lichte caledonitähnliche Farbe der Krystalle eine Folge etwaigen Bleigehaltes ist.

Wie die mir vorliegenden Handstücke auf das deutlichste erkennen lassen, ist die Bildung dieser Brochantitstufen durch die Einwirkung von Kupfervitriollösungen auf Cerussit eingeleitet worden. Einige Handstücke beschreibe ich ausführlich.

Handstück 23/29, Hof-Min.-Cab. Auf quarzreicher Unterlage sitzt feinig mit eingesprengtem weissen Cerussit. Über dieser unteren Schicht baut sich das Stück auf aus einem ziemlich regellosen bunten Wirrwarr von grünen Brochantitkrusten, krystallinisch derben blauen glänzenden Linaritgruppen, theils lichtgelben, theils röthlichgelbem wismuthhaltenden Bleimennig und bleihaltender Kupferschwärze. An den Brochantit schliessen sich vorzüglich die kleineren Linaritpartien an. Einzelne trennen deutlich den Brochantit von den Bleimennigen. Linarit entstand zuerst aus der zutränfelnden SO_3CuO-Lösung, welche erst später immer reicher an CuO ward, bis die für Brochantit nöthige Sättigungsstufe eintrat.

Die Krystalle vom Brochantit an diesem Handstücke sind tafelförmig parallel der Axe *X* bedeutend verlängert, so dass sie selbst 3 Millimeter in dieser Längendimension erreichen. Die Pyramidenflächen sind schlecht entwickelt, die Prismenzone weist zahlreiche Streifungen und Repetitionen auf. Krystall 29 stammt von diesem Handstück.

Handstück 23/55, Hof-Min.-Cab., bietet noch zahlreicheres paragenetisches Detail zwischen Brochantit und Linarit dar. Die Unterlage bildet derber körniger Cerussit, der durch Ocher gelb gefärbt ist und lose Quarzkrystalle einschliesst. Brochantit und Linarit durchziehen unregelmässig das Innere des Stückes. Nach aussenhin treten die Drusenräume schalig geöffnet dem Beschauer entgegen. In der Mitte der Oberfläche sind

---

Bestandtheile entweder mitgewogen oder verflüchtigt. Wie schon Maskelyne angedeutet, so zeigte auch mein Versuch ein successives, nach Äquivalenten 1 : 3 : 7—8 fortschreitendes Entweichen des H_2O bei zunehmender Erhitzung. Dass bei starker Weissgluth CuO ohne wägbare Spur von Säure zurückbleibt, haben Berthier und Field (l. c.) angegeben. Letzterer verwendete auch diese Methode zu Controlversuchen.

[5] Mit den Resultaten für CuO nach Magnus stimmt die Zahl 65·6, welche Werthheim erhalten hat, während meine Zahl für die Varietät *b* höher ist, und den Mittelwerthen aller Brochantitanalysen nahe kommt. Wechselt die zufällige Beimengung? Werthheim gibt als solche Blei, Zink, Wismuth, Eisen an.

durch die einstige Wirkung der zufliessenden Kupfervitriollösung mehrere grosse Vertiefungen entstanden. Zu unterst, dem Blei zugewendet liegt als ältestes Glied der Linarit. Auf denselben folgen lichtgrüne Krystalle von Brochantit in Krusten verwachsen oder sehr enge aneinander sitzend. Die rechte Seite dieser Stelle wird durch Malachit überzogen der eine wellenförmige Kruste, gebildet aus kurzen feinen Nadeln, bildet. Er gleicht Sammt oder Rasen. Dieser Malachit ist etwas jünger wie Brochantit, weil einzelne Krystalle des letzteren von Malachit partiell überdeckt sind. Wo aber Brochantit mit Malachit in Berührung kommt, wird die Farbe des Brochantit merklich dunkelgrün [1].

Auch auf den Untertheil des Handstückes treten die Beziehungen von Brochantit zu Linarit deutlich hervor. Eine kleine Geode zeigt im Innern Brochantit, der ringsum von älterem Linarit umgeben ist. In einem anderen Falle ist scheinbar Brochantit das umgebende Mineral; in der Wirklichkeit gestaltet sich hier die Paragenesis genau wie früher. Eine kleine im Centrum befindliche Ocherkugel ist nämlich der Kern der Bildung, um welche sich zuerst Linarit und dann Brochantit angesetzt hat.

Von diesem Handstücke stammen die Krystalle 20—25.

In den Sammlungen Pest's sind zahlreiche Handstücke dieser Varietät *b* vorhanden. Exemplare dieser Art, meist mit gleichen (wie oben) paragenetischen Beziehungen zu Linarit und Bleiocher habe ich in den Sammlungen des Herrn Fauser; im Pester Nationalmuseum (unter Lobkowitz Sammlung, 115/1 und 115/2, sowie unter Szaybely, Nr. 344 und 342 [2]); in der Universitäts-Schausammlung (unter A. F. 853) gefunden. Zwei Exemplare (Nr. 342, 853?) hat Peters (l. c. p. 165, Alinea 2—3) erwähnt. Ich fand, dass Nr. 853 zwei verschiedene Brochantitgenerationen zeigt; diese sind auf Ober- und Untertheil des Handstückes vertheilt, aber beide gehören der Varietät *b* an. — Paragenetisch merkwürdiger ist Nr. 342, indem auf diesem Stücke zwei Brochantittypen zur Ausbildung gelangt sind. Es bildet nämlich die Varietät *b*, Typus I, Krystallgruppen auf einer Krystallkruste von Brochantit des 4. Typus (vergl. später p. 68). An diesem Handstücke bildet Chrysocolla den Hauptbestandtheil des Muttergesteins.

Krystalle dieser lichtgrünen Varietät *b* bilden auch die reichen Brochantitkrusten auf dem Handstücke 2971 Wien. Univ.-S. Letzteres ward bereits früher (p. 16) beschrieben, indem auf demselben auch einige Krystalle der Varietät *a* vorkommen. Krystalle von lichter Farbe unserer Varietät *b* wurden von diesem Handstücke nicht gemessen. Ein kleiner

---

[1] Ich erinnere, dass auch die schwarzgrünen Brochantite I. Typ., Var. *a* (vergl. früher) nur mit Malachit vorkommen.

[2] Die Originaletiquette dieses unzweifelhaft von Rezbanya stammenden Stückes gibt fälschlich den Fundort Neu-Moldowa an. (Schrauf.)

in der Mitte sitzender Krystall zeigt auf den Flächen *ee'* gegen 25 Zwillingsstreifen, entsprechend einer vollkommen plagioklastischen Zwillingsbildung.

§. 2. Messungen.

Die differirenden paragenetischen [1] Verhältnisse der lichten Brochantite, sowie deren ganz abweichende Färbung erweckt die Vermuthung, dass auch morphologische Differenzen zwischen dieser Varietät *b* und der schwarzen Varietät *a* vorhanden seien. Das Handstück 23/29, auf welches Brochantit am wenigsten mit Blei verquickt ist, liefert leider nur unbrauchbare Krystalle, z. B. Nr. 129. Das Handstück 23/55 zeigt wieder nur hier die best reflectirenden Krystalle, wo dieselben vom Linarit durch eine etwas dickere Schicht derben Brochantit getrennt sind. Sicher ist, dass die Krystalle um so weniger zur Messung tauglich sind, je lichter dieselben sind. Ob letzteres eine Folge einer Beimengung ist, wage ich nicht zu entscheiden [2].

Die Krystalle, welche ich untersucht habe, sind durchschnittlich 1—1½ Millim. gross, und haben einen mittleren Ausbildungsfehler (vergl. Nr. XLI, p. 86) von 4—10 Minuten. Vielfache Zwillingscombinationen treten auf. Ohne dem Resultate einer genauen Vergleichung dieser lichten Brochantite mit der in der vorigen Nummer besprochenen dunklen Varietät *a* vorzugreifen, kann ich doch schon hier bemerken, dass die bisherigen Rechnungen genügen, um die Flächenlage sicherzustellen.

Ich erwähne im Folgenden die wichtigsten Daten:

Krystall 23, gebildet von den Flächen *m* und *e* (vergl. Fig. 11). In der Mitte ist der Krystall durch eingeschobene

[1] Die von Magnus analysirten Stücke sind jedenfalls hieher zu rechnen. Seine Handstücke zeigten: „Krystallirten Brochantit von etwas dunklerer Farbe wie Malachit. Er kommt vor mit Malachit und Kupferlasur (ob nicht Linarit? Schrauf) auf einem Bleiganz, der ganz mit Buntkupfererz gemengt ist und sehr stark selenhaltig ist. Der Brochantit sitzt in ganz dünnen Krusten auf. Fundort ist Siebenbürgen. Rezbanya wahrscheinlich."

[2] Einige kleine lichte Krystallsplitter ergaben mir wohl Bleireactionen, andere hingegen zeigten dieselben nicht.

Zwillingslamellen gestreift. Die Fläche $-\bar{e}$ ist glänzend; e' minder deutlich; mm parallel den Kanten stark gestreift.

	Beobachtet	Gew. $= 4g_1$	Gerechn. (triclin)
$-\bar{e} : e' =$	27°35'	1/4	27°39'5
$-\bar{m} : -\bar{e} =$	81 32	1/9	81 26
$-m : -\bar{e} =$	98 22	1/4	90 21·2
$-m : -\bar{m} =$	76 50	1/9	76 43·6

Nach dieser Messung ist Krystall 23 ein Zwilling nach $a(100)$ mit Juxtaposition zweier nahe gleich entwickelter Individuen.

Bei den nachfolgenden Krystallen tritt zu der Juxtaposition parallel der Zone ac noch die Juxtaposition parallel a. Letztere, bei der früheren Varietät (vergl. p. 27 und 28) auf Ausnahmsfälle beschränkt, ist hier fast an allen Krystallen durch Messung nachweisbar. Dadurch werden die Winkel der Pyramiden in der Zone ae verzerrt. Sie begründen scheinbar eine andere (monocline) Krystallform (vergl. Projection, Fig. 2) [1].

Krystall 25. Derselbe, 1 Millim. gross, von tafelförmiger Gestalt, hat eine stark gestreifte Prismenzone, dann die Domen $e'\,\bar{e}'$ und die Pyramidenfläche p' entwickelt. Die Fläche e' zeigt in der Zone ae eine deutliche Krümmung nach aussen, aber ohne scharfen Reflex (vergl. Fig. 12):

	Beobachtet	Gerechn. (triclin)
$-b : e' =$	76°22'	76° 3'
$e' : -\bar{e}' =$	1 40	1 10
$e' : p' =$	30 10	30 30
$-\bar{e}' : p' =$	31 50	31 40

Die rechte Hälfte zeigt Juxtaposition nach a; die linke Hälfte des Krystalls ist durch Zwillingslamellen parallel der Zone ac (gewöhnliche Juxtaposition) gestreift.

Um die morphologischen Verhältnisse bei der Juxtaposition nach a deutlich sichtbar zu machen, habe ich Fig. 12a schematisch construirt. Diese enthält zugleich alle am Brochantit von Rezbanya, Typus I, vorkommenden Flächen.

Krystall 21, 1 Millim. gross, plattenförmig (Fig. 13). Die Flächen der Prismenzone sind mit wenigen Ausnahmen für

[1] Vergl. §. 9, p. 28 Mitte, Nr. XXXIII.

genaue Messungenu ntauglich. Die Flächen $e' - \bar{e}'$ bilden in der Zone ae einen ausspringenden Winkel in Folge der Juxtaposition nach $a(100)$. Die rechte Hälfte gehört dem normalen Individuum an, während die linke Hälfte aus drei Lamellen zusammengesetzt sein muss.

	Beobachtet	Gerechnet
$r' =$	$-1°30'$	$-1°21'6$
$\bar{r} =$	0	0
$\bar{m} =$	19 50	19 42·1
$-\bar{\pi} =$	0	0
$e' =$	29 30	29 38
$-\bar{e}' =$	31 12	30 48
$p' =$	61 20	61 18
$-\pi\bar{m} =$	58 20	58 24
$e\bar{m} =$	98 13	98 21·3

Der ausspringende Winkel $e' - \bar{e}'$ erlaubt, die Bedeutung der erhaltenen Messungen sicherzustellen. In manchen anderen Fällen ist ein solcher ausspringender Winkel nicht vorhanden. Dies geschieht, wenn eine Lamelle von e oder e' lang entwickelt ist, während die zweite gegen dieselbe zurücktritt. In einem solchen Falle scheint der Krystall einfach zu sein, und ein ganz anderes (monoclines) Parametersystem zu haben.

Ein Beispiel für complicirte Zwillingsbildung nach mehrfachen Gesetzen liefert Krystall 20 (vergl. Fig. 14).

Derselbe ist $1^1/_2$ Millim. gross und an seinem Obertheile vollflächig entwickelt. Die gemessenen Winkeln für die Flächen f, φ stimmen mit den aus den Indices folgenden Werthen [1]. Die Winkel für die Prismenzone gebe ich (um Repetitionen zu vermeiden) im nachfolgenden Paragraphe. Die rechte Hälfte zeigt auf e mehrere Zwillingsstreifen, auch in der Zone be einen einspringenden Winkel. Die Pyramiden der rechten Seite sind unvollkommen entwickelt, schärfer messbar jene der linken Hälfte (vergl. Projection, Fig. 1).

[1] Die Flächen f, φ sind fast an jedem Brochantit von Rezbanya, Type I, als secundäre Nebenflächen der Pyramide $p\pi$ vorhanden.

	Beobachtet	Gerechn. (triclin)
$-\bar{p}' =$	0°	0°
$e' =$	31 28'	31 40'
$-\bar{\pi} =$	61 18	61 18
$b : -\bar{p}' =$	−78 48	−78 35·5
$-m : -\bar{p}' =$	73 30	73 34·5
$\bar{m} : -\bar{\pi} =$	58 18	58 24
$-r' : -\bar{p}' =$	83 20	83 38

Hieraus ersieht man, dass die scheinbar ganz einfache, zusammengehörende, Zone $\bar{p}' e' \bar{\pi}$ ebenfalls durch Zwillingsbildung und zwar durch Juxtaposition parallel a gestört sein muss. e' gehört dem normalen Individuum an, gegen welches die Zwillingslamelle von $-\bar{e}'$ verkümmert entwickelt ist und daher der Beobachtung sich entzieht. Die Verhältnisse der Domenzone sind im Nachfolgenden noch genauer discutirt.

§. 3. Verschleierte Zwillinge. Fragliche Zwillinge nach *c*.

Die Winkel in der Prismen- und Domenzone des eben besprochenen Krystalls 20 erfordern zu ihrer Erklärung eine genaue Bestimmung der einzelnen Zwillingslamellen (vergl. Fig. 14). Aus zahlreichen Lamellen muss der Krystall zusammengesetzt sein, denn fast jede grössere Fläche gibt mehrfache Reflexe:

	Beobachtet	Gerechn. (triclin)
$-r' =$	0°	0°
$-m' =$	19 4'	19 4
$-m =$	96 circa	95 4
$-b =$	148 circa	147 39·7
$r =$	178 25	178 36·2
$r' =$	179 48	180
* $\bar{m}'_c =$	197 30	197 9
$\bar{m}_a =$	198 35	198 20·5
$m' =$	198 52	199 4
$\bar{m}' =$	274 34	274 20·3
$m =$	275 15	275 4
$be =$	76 35	76 18
* $b\bar{e}'_c =$	76 5	76 3
* $m'\bar{e}'_c =$	98 45	98 57
$m'e =$	98 1	98 12
$-r' : -\bar{e}' =$	100 40	101 17·5

Die mit * bezeichneten Winkel sind nur dann verständlich, wenn man sie von einer Zwillingsbildung nach c(001) mit Juxtaposition nach b(010) ableitet. Für $\bar{m}'_c$ muss $\bar{b}_a$ als Juxtapositionsfläche angenommen werden [1]. Die Winkel für $b\bar{m}'_c$ und $b\bar{e}'_c$ liessen sich wohl auch von einer Zwillingsbildung nach b (010) selbst ableiten. Mit letzterer ist jedoch der Winkel $m'\bar{e}'_c$ nicht in Einklang zu bringen. — Zwischen e und $\bar{e}'_c$ ist ein einspringender Winkel schon mit freiem Auge in der Zone be wahrnehmbar. Die einfache Zwillingsbildung nach a (100) vermag einen solchen nicht zu erklären. Ebenso ist es aber auch unmöglich, mit Zugrundelegung eines anderen Zwillingsgesetzes den lamellaren Bau dieser Brochantite zu entziffern.

Die Messungen an den Brochantiten erlauben nämlich anzunehmen, je nach den Zonen, in denen sie geschehen,

für die Zone ab Zwillinge nach a oder nach Axe Y;
„ „ „ ae „ „ a, aber nicht nach Y;
„ „ „ be „ „ c (mit Juxtaposition nach b) oder nach Axe Y (letzteres fraglich).

Die Beobachtungen lehren ferner [2] die Existenz von verschleierten Zwillingen, bei welchen das Hauptgesetz wohl die Gestalt bestimmt, aber Lamellen nach einem secundären Gesetze eingeschaltet sind. Nur durch die Annahme einer solchen combinirten Zwillingsbildung vermag man die Formen des Brochantit zu erklären. Hauptgesetz der Zwillingsbildung ist: „Drehungsaxe „senkrecht auf a(100); secundäre Zwillingsaxe ist dann die Nor„male auf c(001). Die Juxtaposition erfolgt im ersten Falle paral-

---

[1] Auch die Brochantite Varietät a führten zu demselben Gesetz: Nr. XXXIII, §. 10, p. 29, Discussion des Krystalls 10.

[2] Bei Albit lassen meine Messungen auch die Existenz solcher verschleierter Zwillinge erkennen. Dieselben bestehen aus einem primären Zwillinge nach (010), welcher Zwillingslamellen nach 100 (mit Drehungsaxe senkrecht auf $\bar{a}$) interponirt enthält. Es können manche scheinbar unregelmässige Winkel der Prismenzone (Messungen: Rose, Neumann, Rath) Folge solcher versteckter Zwillingsformen sein. Ich gedenke einige Notizen in einer späteren Reihe zu veröffentlichen.

„lel der Zone *ac* oder der Fläche *a* selbst; im zweiten Falle[1] ist „die Fläche *b* Juxtapositionsfläche."

Es wäre nicht unmöglich, statt den Normalen auf die Flächen, die Krystallaxen *XYZ* selbst als Drehungsaxen annehmen zu wollen. Wie ich schon p. 27 u. 37 erwähnt, liefert eine solche Annahme für manche Fälle vollkommen richtige Resultate. Alle bisher gemachten Beobachtungen durch sie zu erklären, gelingt jedoch nicht. Nur die obigen zwei Gesetze für die Zwillingsbildung des Brochantit genügen vorläufig[2] den Beobachtungen.

§. 4. Vergleich der morphologischen Verhältnisse von Varietät *b* mit Varietät *a*. Präcision der Parameterbestimmung für den Typus I.

Die Mehrzahl aller, an den Brochantitkrystallen dieser lichtgrünen Varietät *b* gemachten Messungen stimmt weit innerhalb der Fehlergrenzen mit den für die schwarze Varietät *a* geltenden Zahlen überein. Die Vergleichung der beobachteten und gerechneten Zahlenreihen in den §§. 2—3 gibt keinen Grund, für die lichte Varietät *b* ein besonderes Parametersystem zu berechnen. Geringe Differenzen scheinen nur in den Axenwinkeln ξ, η vorzukommen; doch diese nicht direct beobachteten Winkel sind ja auch für Varietät *a* nur aus sehr wenigen Messungen (daher vielleicht etwas ungenau) ableitbar gewesen. Überhaupt treten bei dieser Varietät, genau so wie bei der früher besprochenen, gerade die grössten Variationen in der Zone *bee'* auf.

Die Zwillingsgesetze sind ebenfalls für beide Varietäten gleich; die plagioklastische Bildung tritt bei der lichten Varietät deutlicher hervor.

Der Unterschied der paragenetischen Bildung hat deshalb auf die morphologischen Werthe geringen Einfluss genommen. Seinen grössten Einfluss hat er auf die Färbung gehabt. Ob

---

[1] Der in vorhergehender Nummer p. 37 beschriebene Zwilling nach *b*(010) kann auch als Zwilling nach *c*(001) angenommen werden, da keine Domen messbar waren.

[2] Wibel beobachtete am künstlichen Brochantit Kreuzzwillinge (ähnlich Harmotom); ich konnte an Brochantiten dieses Typus I keine so gearteten Zwillinge finden.

zufällige Beimengungen von Blei, oder grösserer Wassergehalt vorhanden, muss noch als zweifelhaft angesehen werden. Die chemische Constitution beider Varietäten ist nur unvollkommen bekannt.

Nachdem durch diese Erwägungen für beide Varietäten des Brochantit von Rezbanya, Typus I, Gleichheit der Form innerhalb enger Grenzen sichergestellt ist, erlaubt eine Zusammenstellung von Messung und Rechnung die Präcision [1] zu ermitteln, welche dem triclinen Parametersystem von Typus I, Var. *a* gegenüber einem hypothetischen monoclinen oder prismatischen Axenverhältniss zukommt.

Kryst. Nr.	$4g_1$ Gew.	Fläche	beob.	ger.: (tricl.)	(monocl.)	(prismat.)
110	1/4	$r'm'$	19° 0'	19° 4'	19°23'8	19°23'
1	1/4	„	19 9	„	„	„
5	4	„	19 3	„	„	„
20	1/4	„	19 4	„	„	„
1	1/9	rm	19 58	19 42'5"	19 23·2	19 23
1	1/4	mm'	75 43	76 0	75 5'·5	75 56
5	4	„	76 0	„	„	„
10	1	„	—76 2	„	„	„
4	1	rr'	—65 12	65 13 55	65 20	65 18
110	1/4	bm	—52 45	52 35 50	52 3·3	52 2
5	1/9	bm'	51 41	51 24 10	„	„
21	1	$r\bar{r}'_a$	1 30	1 21 45	0	0
20	1	„	1 23	„	0	0
21	1	$m\bar{m}_a$	0 45	0 43 45	0	0
20	1	„	0 45	„	0	0
4	1	rr'_b	0 31	0 33 45	0	0
4	1	$r'\bar{r}'_b$	—64 51	—64 40 20'	65 20	65 18
4	1	$r\bar{r}_b$	—65 43	—65 47 30	65 20	65 18
1	1	mp	58 11	58 7	$\pi =$ 58 13·5	57 56·6
5	1	rp	63 38	63 36	„ 63 36·8	63 23
5	1	$m'p$	73 48	73 45 30	„ 73 50·5	73 33·6
1	1/9	„	74 5	„	„	„

[1] Vergl. Nr. XLI, p. 85). Dem Ausbildungsfehler $\pm\Delta = 1'; 2'; 4'; 6; 10$ entspricht $4g_1 = 4:1:1/4:1/9:1/25$: d. h. das Gewicht für $\pm\Delta = 1$ ist auch $= 1$ gesetzt.

Kryst. Nr.	$4g_1$ Gew.	Fläche	beob.	ger.: (tricl.)	(monocl.)	(prismat.)
5	1	$r'p$	83 42	83 43·5	„ 83 57	83 45
1	¼	„	83 51	„	„	„
2	¼	$\dot{m}'p'$	57 45	57 40	$p = 57\ 39{\cdot}5$	57 56·3
Mittl. Gewicht einer Beob.				602/956	602/49432	602/49564
Mittl. Fehler [1] aus dem mittl. Gewicht gerechnet für eine Beob. der betreffenden Reihe				0'575	4'129	4'134
Relative Präcision des Resultates .				0·8305	0·1155	0·1153

Die obigen Zahlencolumnen zeigen, dass die Differenzen zwischen den Beobachtungen und den monoclin oder prismatisch angenommenen Winkeln in einzelnen Fällen nicht gross sind. Dies erklärt auch die bisherige Hypothese: dass Brochantit prismatisch krystallisirt.

Die Präcision für die Hypothese eines triclinen Parametersystems ist aber achtfach grösser, als für die anderen Annahmen. Hiedurch ist das Axenverhältniss des Brochantit, Typus I, von Rezbanya definitiv bestimmt. Die Varietäten *a* und *b* stimmen innerhalb der zulässigen Beobachtungsfehler mit einander überein.

§. 5. Optische Verhältnisse.

Die leichte Spaltbarkeit des Brochantit parallel *b* (010) liefert unmittelbar passende Platten zu stauroskopischen Beobachtungen. Den krystallographischen Messungen sollte — aller Wahrscheinlichkeit nach [2] — eine asymmetrische Lage der Hauptschwingungsebene entsprechen. Die Beobachtungen ergaben jedoch, dass (in der zu *b* parallelen Ebene) die Hauptschwingungen nahe parallel den Krystallaxen *XZ* erfolgen [3]. Es

---

[1] Wären alle Gewichte gleich 1 gesetzt, so wäre der mittlere Fehler der 1. Reihe = 1'01.

[2] Bei einer geringen Anzahl monocliner Substanzen sind die Hauptschwingungsrichtungen parallel scheinbar prismatischen Axen: z. B. Brookit, Kaluszit, Luteocobaltchlorid.

[3] Der Winkel der triclinen Krystallaxen *XZ* weicht nur ½° von dem rechten Winkel prismatischer Axen ab. Bei so kleinen, unter dem

ist dies eine optische Symmetrie, auf Grund welcher man die Hypothese eines prismatischen Krystallsystems aufrecht erhalten könnte.

Diese stauroskopischen Beobachtungen verlieren jedoch viel von ihrem Gewichte, wenn man sich an die Zwillingsbildung des Brochantit erinnert. Die plagioklastische Bildung mit Zwillingen nach *a* (100) ist vorherrschend. Diese Zwillinge müssen aber im Stauroscop ein fixes (Kobell-)Kreuz zeigen, weil die Wirkungen zweier auf einander folgender Lamellen sich immer neutralisiren, und die resultirende Schwingungsrichtung parallel der Axe *Z* sein muss.

Da meine Versuche bisher scheiterten, eine wirklich durch Lösung als homogen constatirte Platte für die optische Untersuchung verwenden zu können, so sind zwei Fälle möglich: 1. der Brochantit zeigt die Erscheinung des fixen Kreuzes, oder 2. die Hauptschwingungen sind in der Ebene *b* (010) den Axen *XZ* parallel.

Der Austritt optischer Axen konnte nicht beobachtet werden.

XXXV. Brochantite von Russland und Cornwall; Typus I.

1. Brochantit von Gumeschefsk und die Varietät von Nischne-Tagilsk.

Unter den Brochantiten zahlreicher Fundorte sind die Krystalle vom Ural die am längsten bekannten. Sie sind auch die einzigen, für welche bisher krystallographische Bestimmungen vorlagen. Mit Rücksicht auf die in der vorhergehenden Nummer enthaltenen Winkeln ist es möglich, sie den Krystallen von Rezbanya anzuschliessen.

Durch Rose und Kokscharow sind die paragenetischen Verhältnisse, unter welchen diese Brochantitkrystalle vorkom-

---

Mikroskop gemessenen Platten ist die Genauigkeit der stauroscopischen Beobachtungen nur $\pm 1°$, daher eine etwaige geringe Differenz nicht merkbar, aber auch unwesentlich.

§. 2. Brochantite von Redruth, Cornwall.

Die Messungen, welche ich an Brochantitkrystallen von Redruth anstellen konnte, sind nur annähernde Bestimmungen. Der Habitus der Krystalle dieses Fundortes ist dem der Brochantite von Rezbanya ähnlich. Ich betrachte daher diese Brochantite von Redruth als Varietäten des I. Typus.

Vorgelegen sind mir Handstücke dieses Fundortes, welche nicht blos verschiedene Paragenesis, sondern auch verschiedene Formen zeigen [1].

a) Das Handstück H.-M.-C. I/1234 (1849) wird gebildet durch einen unregelmässigen Brocken von Chrysocolla. Auf demselben sitzt eine Kruste wirr durcheinandergewachsener Brochantitkrystalle. In den Zwischenräumen der Krystallgruppen sind geringe Reste eines Ziegelerzes wahrnehmbar. Die Krystalle haben den gewöhnlichen Habitus mit den Flächen *bme*. Sie sind matt, sehr stark gestreift, die Spaltungsfläche *b* deutlich sichtbar; Pyramidenflächen nicht beobachtet. Ihre Grösse ist circa 2 Millim. Die Farbe ist dunkel graugrün bis grün, ähnlich der Farbe der Varietät *b* von Rezbanya.

b) Etwas verschiedene Paragenesis gegen die eben beschriebene zeigt das zweite Handstück dieser Localität (H.-M.-C. II/1025 [1849]). Die Form des Handstückes gleicht dem Ende eines Stalaktiten. Das kleine Stück ist ringsum dicht mit Brochantit besetzt, deren Abstände mit Ziegelerz ausgefüllt sind. Graugrüner Malachit bildet eine kleine seitliche Partie.

Die Krystalle an dem Handstücke *b* sind schwärzlich grün und glänzend; ihre Form ist der Mehrzahl nach einfach. Die Spaltungsfläche *b* ist deutlich sichtbar, *m* sehr stark gestreift, *e* ganz unregelmässig krumm. Die Krystalle sind 2—3 Millim. gross und oft plattenförmig entwickelt. Einzelne ungewöhnliche Combinationen und Zwillingsformen sind an diesem Handstücke (Krystall 6 und 8) beobachtet worden.

Die Messungen sind an einzelnen Krystallen theils mit einem einfachen Wollaston'schen Goniometer, theils mit dem vollkommen adjustirten Reflexionsgoniometer (2 Fernrohre) mehrmals repetirt worden. Die Flächenreflexe sind aber so undeutlich, dass sie nur benützt werden können, um die Indices sicherzustellen. Zur Rechnung eines Parametersystems sind dieselben untauglich, umsomehr, da neue Flächen vorliegen.

---

[1] Über die Handstücke, welche Brochantit mit Langit zeigen, vergl. Note 1, p. 58.

Winkel Eines Krystalls, sondern die Winkel mehrerer Krystalle — wie dies Kokscharow versuchte — combinirt werden.

Trotzdem unterscheiden sich die Angaben Rose's und Kokscharow's in einzelnen Winkeln. Ihre Differenzen erklärt jedoch ein Vergleich mit den von mir angegebenen (triclinen) Winkeln:

Gemessen:	Kokscharow	Rose	Gerechn. (triclin) Schrauf	
$\infty\dot{P}\infty : \dot{P}\infty$		75°56'	$be' =$	76° 3'
$\infty\dot{P}\infty : \dot{P}\infty$	76°18'45"		$be =$	76 18
$\infty P : \infty P$	75 26		$m'\bar{m}_a' =$	75 16·3
$\infty P : \infty P$		75 50	$mm' =$	76 0
$\infty\dot{P}\infty : \infty\dot{P}2$	32 52		$br =$	32 53·7
$\infty\dot{P}2 : \dot{P}\infty$	78 32 2		$re' =$	−78 31
			$r_a'e =$	−78 30·5

Berücksichtigt man, dass Zwillingscombinationen und Streifungen auch hier vorhanden sind; so ist die Übereinstimmung zwischen den beobachteten und gerechneten (triclin, Typus I) Winkeln genügend. Meine Messungen an unvollkommen glänzenden Krystallen von Gumeschefsk führten zu ähnlichen Resultaten. Man darf daher mit ziemlicher Sicherheit annehmen, dass die Brochantite von Gumeschefsk gleiches morphologisches Parametersystem wie die Brochantite, Typus I, von Rezbanya haben.

Die obige Vergleichstabelle lässt auch die Differenzen zwischen den Messungen Rose's und Kokscharow's in anderem Lichte erscheinen. Es sind nicht Beobachtungsfehler, die hier ins Spiel treten, sondern wahrscheinlich Messungen an verschiedenen Zwillingskanten, die naturgemäss differiren. So stimmt die Messung Rose's mit unserem e', während Kokscharow unseren Winkel be angibt. Aus dem Winkel ee =27°12' Kokscharow's liesse sich schliessen, dass auch ihm Zwillinge nach c(001) (vergl. p. 29) vorgelegen sind. Die Messungen des Prisma zeigen deutlich das Vorkommen von Zwillingen nach a.

Diese russischen Brochantite sind daher denjenigen von Rezbanya (Var. a und b) in ihrem morphologischen Baue ähnlich.

Beobachtet		Gerechn. (monocl.)	
$\bar{o}'m =$	78°	$om =$	77°34'
$o\bar{m} =$	77		
$om =$	97	$o'm =$	94 8½
$\bar{o}\bar{m}' =$	98		
$\bar{o}'\bar{m} =$	96		
$bo =$	77	$bo =$	76 29
$o\bar{o}' =$	13	$o:\bar{o}' =$	10 26
$o:o' =$	25	$o:o' =$	29 27

Obgleich der (monocline) Index $o = \bar{1}36 = \frac{1}{3}P3$ der Beobachtung nicht vollkommen genügt, so ist es doch vergeblich, auf Grund der schwankenden Messungen genauere Indices ableiten zu wollen.

Der vorliegende Krystall dient aber jedenfalls zum Beweise, dass Zwillings- und Juxtapositionsbildung nach *a* (100) beim Brochantit verschiedener Localitäten auftritt. Ob der vorliegende Krystall ein Vierlingskrystall, ob positiven oder negativen Quadranten die Pyramidenflächen angehören, darüber verweigert die Krümmung der Flächen jede Bestimmung.

Auf trockenem Wege habe ich den CuO-Gehalt zu bestimmen gesucht. Die angewendete Menge von 0·0058 Milligr. wog nach intensivem Glühen 0·0041, entsprechend einem CuO-Gehalte von 70·6 Proc. Da an den angewendeten Fragmenten kleine Ziegelerzpartikelchen untrennbar anhafteten, dieselben aber beim Glühen nicht gleichen procentualen Gewichtsverlust wie Brochantit erleiden, so entspricht eigentlich dem Gesammtverlust ein etwas geringerer CuO-Gehalt des Brochantit als 70·6 Proc. Meiner Schätzung des Gewichtes des beigemengten Ziegelerzes, etwa 3 Proc., nach, entfiele etwa auf den Brochantit dieser Localität ein CuO-Gehalt von 69·9 Proc. CuO. Diese Zahl mag die untere, die frühere die obere Grenze dieser Bestimmung sein.

XXXVI. Anhang zu Brochantit, Typus I. Unvollkommen bestimmte Mineralien diverser Fundorte: Nassau, Island, Mexiko, Chili, Arizona, Siränowsk, Saszka, Neu-Südwales, Cumberland, Zellerfeld — und künstlich erzeugte Substanzen.

§. 1. Unvollkommen bestimmte Brochantit-Varietäten diverser Fundorte.

Die zum Brochantit im weitesten Sinne gehörenden Mineralien und künstlichen Substanzen sind vielfachen Analysen unterworfen worden. Die Resultate der letzteren sind jedoch nur für wenige Vorkommnisse ident; sie variiren für die Mehrzahl innerhalb enger Grenzen [1]. Man könnte deshalb vermuthen, dass auch die morphologischen Verhältnisse sich von Fall zu Fall ändern. Allein die Thatsache, dass diese Kupfererze einer grösseren isomorphen Gruppe angehören, dass ferner Brochantit mit Atacamit in einer Zone, mit Malachit für alle Winkel annähernd formähnlich ist, hindert solche Unterscheidungen. Nur durch genaue Messungen könnten eventuelle Differenzen nachgewiesen werden. Die Mehrzahl aber von allen diesen Mineralien oder Substanzen wurde in höchst unvollkommenen Krystallen beobachtet. Nur einzelne Fälle zeigten die einfachsten Formen des Brochantit Typus I. Letzteres mag rechtfertigen, dass auch ich die bekannten Varietäten und Subspecies hier als Anhang zu Brochantit Typus I, zusammenfasse.

Ich gebe im Nachfolgenden die Paragenesis der einzelnen Vorkommnisse, so weit dieselbe mir entweder durch eigene Beobachtung oder durch die Literatur bekannt ist; letzteres um ein möglichst vollkommenes Bild der Gesammtgruppe zu bieten.

Die Anordnung ist mit Rücksichtnahme auf den Wassergehalt der Substanz erfolgt. Die ähnlichsten Glieder folgen deshalb auf einander.

a) Brochantit von Nassau. Über den Fundort gibt Sandberger l. c. genauen Nachweis: Zwischen Obernhof und Nassau an der

[1] Vergl. hierüber die Discussion der chemischen Resultate in Nr. XL, p. 77—79.

Lahn setzen Gangtrümmer durch die schieferigen Schichten des Spiriferensandsteines, welche die Fortsetzung des berühmten Holzappel-Gangzuges bilden, dessen Erzreichthum bereits seit Jahrhunderten durch den Bergbau ausgebeutet wird. Diese Trümmer bestehen aus weissem Fettquarze, in welchem Kupferkies und Bleiglanz, theils isolirt, theils mit einander gemengt, und Eisenspath vorkommen. Am Ausgehenden finden sich dann die Producte der Zersetzung dieser Körper. Die Brochantite dieses Fundortes hat zuerst Sandberger untersucht.

Ein mir von diesem Fundorte vorliegendes Handstück besteht aus einer Schwarte von Schiefer, welche an beiden Seiten theilweise Brochantit trägt. Dieser Brochantit kommt hier in dünnen, 1½ Millim. dicken Krusten vor. Letztere bestehen aus eng aneinander gereihten kleinen undeutlichen Krystallen, welche schön grün, aber matt glänzend sind und die Flächen *b*, *m*, *r*, also die gewöhnliche säulenförmige Brochantitform erkennen lassen. Einzelne Krystalle bilden auch gesondert Pünktchen auf dem Schiefer, gleich als wäre jedes Tropfen in situ erstarrt. Begleitende Mineralien sind nicht vorhanden. Die Unterlage des Brochantit selbst bildet Kupferschwärze, mit Brauneisen gemengt, ochrig und mit kleinkugeliger Oberfläche.

Dieses Handstück (H.-M.-C. 1859) kennzeichnet (wie aus Folgendem erhellt) nicht die allgemeine Bildung des Brochantits an diesem Fundorte, sondern nur einen speciellen Fall, wo die ablaufende Brochantitlösung zur Krystallisation am Nebengestein gelangte. Über die ursprüngliche Bildung des Brochantit an diesem Fundorte bemerkte Sandberger: Ausser dem Eisenspath wird auch Bleiglanz und Kupferkies (der oben erwähnten Gangtrümmer) in neue Körper umgewandelt. So erscheint fast jedes Trümmchen, in welchem Kupferkies und Bleiglanz gemeinschaftlich vorkommen, von einer himmelblauen fettglänzenden Rinde aus Linarit eingefasst. Auf diesem Linarit oder auf dünnen Partien von Brauneisen oder Aragonit sitzt dann smaragdgrüner Brochantit in strahligen seidenglänzenden Aggregaten oder seltener in glasglänzenden kleinen Krystallen.

Es zeigt somit auch der Brochantit dieses Fundortes, ähnlich den von Rezbanya, die innigsten Beziehungen zu Linarit; die Bildung beider Mineralien erfolgte mit Hilfe der oxydischen oder kohlensäurehaltigen Substanzen aus dem Zersetzungsproducte — Kupfervitriolwasser — des Kupferkieses und Bleiglanzes.

Die Analyse dieses Brochantit ergab nach Risse (in der Abhandlung von Sandberger l. c.):

67·8	CuO	$= 7\,CuO$
19·0	SO_3	$= 2\,SO_3$
13·2	H_2O	$= 6\,H_2O$

Eine ähnliche Zusammensetzung besitzt — wie schon Sandberger hervorgehoben hat — der Brochantit von Island.

b) Brochantit von Island: Krisuvigit. Der unter dem Namen „Krisuvigit" bekannte Brochantit von Island ist von tiefgrüner Farbe. Er bildet, nach dem mir vorliegenden Handstück (H.-M.-C. 1872) zu urtheilen, ganz dünne krystallinische Krusten auf verwitterter Lava [1]. Die Krusten bestehen aus verwachsenen sehr kleinen Kryställchen, deren säulenförmige Form nur undeutlich hervortritt. Diese Varietät war von Forchhammer untersucht und Krisuvigit benannt worden. Über den Fundort entnehme ich folgende Notizen seiner Untersuchung: Die Krisuvigit genannte Brochantit-Varietät kommt als ein mehr oder minder mächtiges Lager auf mehreren von Schwefelsäure zerstörten Lavalagern in der Nähe von Krisuvig vor. Da auf den Faröer-Inseln der älteste Trapp an mehreren Stellen gediegenes Kupfer enthält, so ist es möglich, dass auch in dem isländischen Systeme auf ähnliche Weise Kupfer vorhanden war. Letzteres kann dann in die Ganglava beim Schmelzen übergegangen und später vom Schwefel angegriffen worden sein. Nach Forchhammer kommt als Begleiter des Brochantit Covellin vor, welcher aus diesen Kupfererzen durch Einwirkung des Schwefelwasserstoffes entstanden sein mag.

Die Analyse Forchhammer's ergab:

$CuO = 67{\cdot}75$	$= 7\,CuO$
$SO_3 = 18{\cdot}88$	$= 2\,SO_3$
$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0{\cdot}56$	
$H_2O = 12{\cdot}81$	$= 6\,H_2O$

Über die chemische Formel des Krisuvigit sagt Forchhammer: „Er unterscheidet sich in seiner Zusammensetzung sehr dem Brochantit; aber während der Brochantit nach der Formel $SO^3CuO3 + HO3 + SO^3CuO15 + HO15$ zusammengesetzt sei, ist dieses Mineral (Krisuvigit): $SO^3 5CuO15 + CuO$ HO15 und es verhält sich somit zum Brochantit, wie die Kupferlasur sich verhält zum Malachit."

Wie schon oben bemerkt, führen die Zahlen Forchhammer's zur Formel $7CuO, 2SO_3, 6H_2O$, und stimmen fast vollkommen mit den Zahlen, (vergl. vorhergehende Seite) für den Brochantit von Nassau angegeben wurden.

---

[1] Auf den Laven des Vesuv der Ausbrüche 1855 und 1872 kommen oft in sehr dünnen Krusten angeflogen schwefelsaure Kupferoxydsalze vor. Ein mir vorliegendes Handstück von 1855 zeigt auf Lava eine kleine Partie einer derben blauen Kruste; daneben angeflogen theils gelblich grüne körnige Krusten, theils feine grünlich gelbe Nadeln. $SO_3\,CuO$ ist in denselben überwiegend.

Scacchi hat zwei Species beschrieben: 1855, Cyanochroma, blau, $K_2SO_4 + 3H_2O$; 1872, Cupromagnesit (CuMg) $SO_4 + 7H_2O$, grün. Beide sind ihrer Zusammensetzung nach dem Kupfervitriol nahestehend.

c) Brochantit von Chili. Die reichen Kupfergruben von Chili liefern auch einzelne Abarten des Brochantit. Die Analysen von Kobell und Field ergaben aber differente Zahlen.

α) Das von Kobell untersuchte Handstück bestand aus Brochantit, der mit weissem Thonerdesilicat durchwachsen war. Letzteres ward von Salpetersäure nicht angegriffen und konnte auf diesem Wege eliminirt werden. Der Brochantit selbst kommt in mikroskopischen körnig zusammengehäuften Krystallen, zum Theile kurzstrahlig mit einer deutlichen Spaltungsfläche vor. Er ist von lichtsmaragd- auch grasgrüner Farbe. Für den Brochantit fand Kobell

$CuO = 68{\cdot}87$	$= 7\,CuO$
$SO_3 = 19{\cdot}71$	$= 2\,SO_3$
$H_2O = 11{\cdot}42$	$= 5\,H_2O$

β) Field (l. c.) untersuchte ein ganz reines Handstück von Brochantit. Dasselbe enthielt weder erdige Bestandtheile noch Carbonate. Der Fundort war Andacollo in Chile. Die Dichte war =3·81.

Die Analyse von Field ergab:

$CuO = 66{\cdot}94$	$= 8\,CuO$
$SO_3 = 16{\cdot}59$	$= 2\,SO_3$
$H_2O = 16{\cdot}47$	$= 9\,H_2O$

Field bemerkt, dass diese Zahlen sich sehr wenig von denjenigen unterscheiden, welche Berthier für den Brochantit von Mexiko (siehe später) erhalten hat. In Folge dessen wäre es möglich, dass der Fundort Mexiko selbst eine falsche Bezeichnung ist.

Hervorzuheben ist die Differenz der Zusammensetzung der zwei von Chile stammenden Stücke. Die von Kobell erhaltenen Zahlen stimmen aber vollkommen mit den von H. D. Tschermak an Brochantiten von Neu-Südwales (vergl. *g*) erhaltenen Resultaten.

d) Brochantit von Atacama.

α) Eine Varietät ward von Domeyko (l. c.) untersucht. Nach seiner Beschreibung, welche jedoch nicht vollständig ist, wäre es möglich, diese Varietät dem Brochantit, Typus III, zuzuzählen [1]. Da Domeyko keine Krystallgestalt bestimmte, so kann diese Brochantit-Varietät von Atacama vorläufig auch hier ihren Platz finden. Der Fundort dieses Brochantit ist nach Domeyko in den Bergwerken „El Cobre" gelegen, an der Grenze der Wüste Atacama. Nach Farbe und lebhaftem Glasglanz ist er dem Atacamit, durch Form und Structur dem faserigen Malachit am ähnlichsten. Der Brochantit hat nämlich faserige Structur, welche durch eine langprismatische Ausbildung, verbunden mit lamellarer Theil-

[1] Vergl. Typus III, p. 63.

barkeit, hervorgerufen wird. Er kommt vor in Mitte eines mit Rotheisen gemengten Ganggesteines. Die Analyse führte Domeyko zu folgenden Zahlen:

CuO	68·5	70·2	17 CuO
SO_3	15·8	16·2	4 SO_3
H_2O	13·5	13·8	16 H_2O
Ganggestein	2·4		

Domeyko nimmt die einfache Formel $4CuO, SO_3, 4H_2O$ an. Den Zahlen der Analyse entsprechen aber die beigefügten Zahlen.

β) In den gewöhnlichen Atacamit-Sandproben hat Herr Dir. Tschermak (l. c.) Spuren von Schwefelsäure gefunden. Dieselbe stammt vom Brochantit. Auch eine kleine Druse von Brochantit fand sich einer solchen Sandprobe beigemengt.

c) Brochantit von Mexiko: Brongniartin. Berthier hat eine Brochantit-Varietät analysirt, welche von einem unbekannten Fundorte aus Mexiko stammte [? ob nicht von Chile; vergl. früher *c) β*]. Huot hat in seiner Mineralogie diese Varietät Brongniartin genannt. Das Muttergestein ist ein weisser feinkörniger quarzreicher Sandstein, welchem Rothkupfererz in Adern und kleinen Massen beigemengt war. In diesem Sandstein kommt der Brochantit in Körnchen und kleinen Massen vor; seine Farbe ist nach Berthier theils hellgrün wie Malachit, theils graugrün. Seine Analyse gab [1]:

CuO =	45·9	CuO = 66·2	8 CuO
SO_3 =	11·5	SO_3 = 16·6	2 SO_3
H_2O =	12·1	H_2O = 17·2	9 H_2O
Quarzgestein =	30·5		

Berthier folgert aus seiner Analyse $4CuO\,SO_3\,4H_2O$; die Zahlen seiner Analyse stimmen mit $8CuO, 2SO_3, 9H_2O$.

Bei Berthier (1832) ist zum ersten Male erwähnt, dass der Brochantit in starker Hitze sein Wasser und bei Weissglühhitze auch seine Säure verliert.

f) Brochantit von Arizona. Zu Bill Williamsfork, Arizona, kommt der Brochantit auf Rothkupfererz in Begleitung von Brauneisen Atacamit und Chrysocolla vor. Da diese begleitenden Mineralien auch in mit der Analyse nachweisbar sind, so lässt sich aus der Untersuchung von Genth kein sicherer Schluss auf die Constitution dieses Brochantits ziehen. Genth fand:

---

[1] Die Zahlen der Analyse sind in dem deutschen Abdruck (Pogg. Ann.) der Originalarbeit ungenau copirt.

$H_2O = 14{\cdot}46$
$Cl = 0{\cdot}31$
$FeO = 0{\cdot}33$
$CuO = 67{\cdot}75$
$SO_3 = 13{\cdot}55$
$SiO_2 = 3{\cdot}60$

Aus diesen Zahlen berechnet Genth die muthmassliche Zusammensetzung seines Exemplares aus fünf Mineralien: Brochantit, Atacamit, Chrysocolla, Limonit, Cuprit; wobei er die Formel des Brochantit zu $4CuO, SO_3, 3HO$ annahm. Er bezeichnet indess seine Rechnung selbst nur als einen Versuch.

An dem Brochantite dieses Vorkommens sind durch Genth auch kleine säulenförmige Krystalle mit den Flächen (*I*, *i*ī. 1ī) *bme* beobachtet worden. Also die gewöhnliche Brochantit-Form.

g) Brochantit von Neu-Südwales. Herr Dir. Tschermak (l. c.) hat 1865 einen smaragdgrünen Sand untersucht, welcher aus Splittern kleiner Brochantitkrystalle bestand. Durch Messung wurden die Flächen *b m* bestimmt. Die Dichte ergab sich zu 3·89. Der Sand ward bei der Novara-Reise von Sidney mitgebracht. Da Atacamit beigemengt war, so ist dessen Procentantheil aus der Analyse auszuscheiden. Nach dieser Vorsorge erhielt der oben genannte Verfasser:

$$\left.\begin{matrix} Cl = 0{\cdot}7 \\ SO_3 = 18{\cdot}5 \\ CuO = 69{\cdot}2 \\ H_2O = 11{\cdot}8 \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} SO_3 = 19{\cdot}4 \\ CuO = 69{\cdot}1 \\ H_2O = 11{\cdot}5 \end{matrix}\right.$$

Diese Zahlen stimmen vollkommen mit jenen Werthen, die Kobell für den Brochantit von Chili [vergl. früher *c)* α] angibt. Mit grösster Genauigkeit entspricht ihnen die Formel $7CuO, 2SO_3, 5H_2O$.

h) Brochantit von Cumberland. Über die Paragenesis der Brochantite von Cumberland hat Sandberger eine wichtige Notiz (l. c.) veröffentlicht. Nach diesem Autor findet sich der Brochantit mit Mimetesit, Ziegelerz und Kupferkies, aus welchen man ihn direct entstehen sieht, in den Spalten eines Quarzganges, dessen Schwerspath, in Quarzpseudomorphosen verwandelt, die Drusenräume füllt.

i) Brochantit von Siränowsk, Altai. Unter den vom Bergwerk Siränowsk bekannt gewordenen Mineralien führt Cotta l. c. auch Brochantit — mit dem Beisatze „sehr selten" — an. In den oberen Teufen bis zu 120 Lachter Tiefe kommen an dieser Localität die Metallverbindungen in der Form von Oxyden und Salzen vor; in grosser Tiefe hingegen als Schwefelverbindungen. Sie gehorchen hier dem paragenetischen Gesetze der Umwandlung der Sulphide. Im oberen Horizonte ward beobachtet: Eisenocher, Bleiocher, Galmei, Kupfergrün, Cerussit, Malachit, Kupfer-

lasur, Brochantit. Die Schwefelverbindungen sind Bleiglanz, Kupferglanz, Kupferkies, Eisenkies, Fahlerz und Blende.

Obgleich keine genaueren Angaben vorliegen über die paragenetischen Verhältnisse, welche den Brochantit mit seiner nächsten Umgebung verbinden, so scheint doch wegen dem Vorhandensein der Ocher und Carbonate diese Localität mit Rezbanya paragenetisch ähnlich zu sein.

b) Brochantit von Neu-Moldova[1], Orawitza und Ruszkitza (Ungarn). Die Notizen über Brochantite dieser Fundorte sind sehr wenige. Marka (J. geol. Reichsanst. 1869) gibt an: dass in Orawitza und Moldowa in drusigem Brauneisenstein mit Lasur auch Brochantit sich finde[2] Zepharovich (l. c. p. 75) gibt an (Aut.: Szaybely, Pest. Nat.-Hist.), dass Brochantitkrystalle mit Azurit und faserigem Malachit in Neu-Moldowa vorgekommen. Im Pester Nationalmuseum trägt in der That die Originaletiquette des Handstückes (Szaybely Nr. 344) die Bezeichnung: Neu-Moldowa. Bei Betrachtung des Stückes erkannte ich jedoch in Pest augenblicklich, dass der Fundort unzweifelhaft Rezbanya ist. Die bekannte Paragenese mit Linarit und Bleiocher als Muttergestein, und der Habitus der Brochantitkrystalle lässt das Exemplar als ein gewöhnliches Handstück der Varietät *b)* von Rezbanya erkennen (vergl. früher p. 32).

---

[1] Das Kupfersammterz von Moldawa (vergl. Analyse von Perey, Phil. Mag. III. Ser. vol. 36, p. 110) kann als Gemenge eines basischen Kupfersulfates mit Aluminit betrachtet werden. Ein ähnlicher Fall ist bei Devillin, welcher ein Gemenge von Langit mit Gyps ist. Die blaue Farbe des Kupfersammterzes weist auf grösseren Wassergehalt des basischen Kupfersalzes hin, als dem grünen Brochantiten zukommt. Man muss daher das Kupfersammterz — ebenso wie Devillin — vom Langit, nicht aber vom Brochantit ableiten.

[2] Das Vorkommen des Brochantit zu Moldowa wird von Peters (Leonh. J. 1861, p. 600) bezweifelt: Nach letzterem kommt zu Moldowa wohl mit Azurit und Malachit auch Gyps vor; aber dass auf allen diesen Anbrüchen beide Mineralien, der Malachit und der Limonit direct aus den Vitriolen durch Kalkcarbonat im Überschusse gefällt wurde, ist ausser allem Zweifel. Brochantit kommt daselbst gar nicht vor, wogegen in Rezbanya jedes Gypsblättchen vom Brochantit; umgekehrt der Malachit niemals vom Gyps begleitet ist."

Ich selbst habe gegen 100 zum Theile sehr grosse Schaustücke von Malachit und Azurit des Fundortes Moldowa theils in Wien, theils in Pest untersucht, auf keinem derselben Brochantit gefunden. Auch unter dem mir vorliegenden Kupfererzen von Orawitza führt nur ein einziges (57/112) einen verwitterten graugrünen Anflug, der als ein Anzeichen von Sulfatbildung gedeutet werden könnte.

Der Fundort Neu-Moldowa ist daher erst durch andere Vorkommnisse zu constatiren.

Nach Zepharovich l. c. fand sich der Brochantit auch im Bergbaue Ruszkitza bei Ruksberg. Er bildete traubige Drusen in sehr kleinen Krystallen und kleinnierige Aggregate, ward begleitet von Azurit und Hemimorphit, und kam vor in Hohlräumen einer Breccie aus Stücken von Kupferkies und Bleiglanz, die mit Kalksinter verbunden waren.

l) Brochantit von Salzburg. Peters l. c. hat aufmerksam gemacht, dass in alten salzburgischen Gruben an der Grenze von Steiermark, etwa auf der Frommer Alpe bei St. Martin im Lungau Brochantit vorgekommen sei. Nach dem ihm vorliegenden Stücke bilde der Brochantit theils traubige Drusen, theils ist er körnig eingesprengt in eine kalk- und quarzreiche Gangart. Ich sah das betreffende Handstück in der Pester Universitäts-Ladensammlung (Nr. ♀ E. 33. P.). Der Brochantit bildet graugrüne krystallinische Krusten auf weissem glimmerreichen Quarzgestein.

m) Brochantit von Saszka, Banat. Obgleich Orawitza in der Nähe von Saszka ist, so hat Marka doch ausdrücklich zwischen beiden Fundorten in Beziehung des Brochantitvorkommens unterschieden. Nur von Orawitza führt er den Brochantit an.

Mir liegen zwei paragenetisch verschiedene Handstücke des Fundortes Saszka vor, auf welchen der Brochantit theils mehr, theils minder schön entwickelt vorkommt.

Das Handstück (Hof-Min.-C. I. Hds. 1235) stammt von sehr alten Anbrüchen. Dasselbe ist schon über 70 Jahre im Besitze der Sammlung. Auf derbem Ziegelerz, welches theils Rothkupfer, theils Kiespartikeln eingesprengt enthält, sitzt oberflächlich Brochantit. Er bedeckt die grössere Fläche des Stückes mit einer $1^1/_2$ Millim. dicken Kruste. Diese ist aus dicht aneinander schliessenden Kryställchen gebildet, an welchen die Flächen *m*, *r*, *b* mit ihren charakteristischen Streifungen sich erkennen lassen. Ihre Farbe ist ein schmutziges Dunkelgrün. Die unmittelbare Unterlage der Brochantitkryställchen und die innere Seite der Brochantitkruste ist malachithältig. Auf der Rückseite des Stückes ist eine derbe Partie von Malachit eingesprengt.

Ein Handstück jüngeren Anbruches ist (Hof.-Min.-C. 1846. II. Hds. 2773), welches ursprünglich als Cuprit in Handel kam. Das kleine Handstück ist von theils derbem, theils krystallisirtem Rothkupfererz gebildet, auf welchem graugrüner zerfressener Malachit und concentrisch strahliger Malachit sitzt. Auf der Rückseite des Stückes ist aber auch eine kleine drusige, krystallinische Kruste von Brochantit vorhanden. Ähnliche Handstücke mögen in manchen Sammlungen vorkommen [1].

---

[1] Ich habe mehrmals zur qualitativen Bestimmung der SO_3 die Anwendung des Nitroprussidnatriums dem Chlorbaryum vorgezogen.

n) Brochantit mit Linarit von Zellerfeld. Von Zellerfeld am Harze stammen die bekannten Handstücke grüngefärbten Cerussits. Die grüne Färbung wird meist dem Chrysocolla und Malachit zugeschrieben. Eine genauere Untersuchung lässt erkennen, dass hier — wie in Rezbanya — Kupfervitriolwasser den ersten Anstoss zu dieser Grünfärbung gegeben hat. Die Handstücke haben aber nur einen Werth wegen ihrer Paragenese, nicht aber wegen der undeutlich körnigen Brochantitkrusten.

Ein Handstück (Hof-Min.-C. I. Hds. 928; 1827) beschreibe ich; die übrigen gleichen demselben. Auf zerfressenem quarzigem Ganggestein, dessen Hohlräume mit Ocher gelbbraun gefärbt sind, sitzen zahlreiche lange Cerussitsäulen. Die Mehrzahl dieser Krystalle ist mit einer 1½ Millim. dicken grünen krystallinischen Kruste bedeckt. Spaltet man diese ab, so sieht man zu innerst noch eine blaue fettglänzende Hülle über dem weissen Cerussitkern. Einzelne Cerussitkrystalle sind ohne solche Kupfersalzhülle und noch weiss, andere ihnen benachbarte tragen nur die blaue Kruste. Dieser ganze Incrustirungsprocess war abhängig von dem Zuflusse der Kupferwässer und der relativen Lage der Cerussitkrystalle gegen diesen Zufluss. In den blauen und grünen Krusten lässt sich CuO und SO_3 nachweisen, die grüne Kruste gibt an manchen Exemplaren ein geringes Kieselskelett. Ähnlich wie bei Rezbanya ist hier die Linaritbildung der primäre Process, auf welche dann der Brochantit folgte. Letztere Bildung mag vielleicht durch Zufluss von kieselsäurehältigen Lösungen gestört worden sein.

Zu bemerken ist, dass andere Handstücke desselben Fundortes auf analogen Cerussitnadeln Malachit tragen (vergl. Hof-Min.-C. I. Hds. 927; 1857). Der Malachit bildet aber keine enge anliegende Kruste. Auf dem Cerussit sitzen büschelförmig die Malachitnadeln und umhüllen denselben [1]. Eine blaue Färbung des Cerussits ist hier nicht wahrnehmbar.

Während bei ersterer Bildung jedenfalls die Schwefelsäure im Überschuss vorhanden war, ist hingegen im letzteren Falle die Kupferlösung an die überschüssige Kohlensäure abgetreten worden.

o) Brochantit von Illoba, Ungarn. Der Jacobistollen bei Illoba (nächst Nagybanya, Szathmarer Comitat) lieferte neben gediegenem Kupfer noch Kupferkies, Kupferschwärze und Tetraëdrit. Im Jahre 1846 war die monatliche Ausbeute 300—400 Centner Erz. Von diesem Fundorte liegt mir ein sehr altes Handstück (1816. XXII, 7) vor. Auf bunt angelaufenem Kies sitzt graues milanitähnliches [2] Magnesia-Thonerde-

---

[1] Über diese Malachitincrustationen vergl. Hausmann Min. II, 1387; und Blum Pseudomorph. 309.

[2] Milanit, ein halloisitähnliches Mineral, meist als Begleiter der Kupfererze. Tietze, Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1870, p. 589, und Schrauf in Min. Mitth. 1872, p. 56.

hydrat. Auf diesem haben sich als jüngere Generation kleine Pyritwürfeln angesiedelt. Der grösste Theil des Stückes ist mit zerstreuten Partien einer körnigen sehr dünnen graugrünen Kupfersulfat-(Brochantit)-Kruste bedeckt [1].

p) Brochantit von Böhmen. Ein Handstück (H. M. C. 1821, XII, 18) von Kupferschwärze umschliesst 1 Centim. im Durchmesser haltende Krystallsäulen von zerhacktem Quarz. Auf der Oberfläche des Stückes sind einzelne zerstreute Partien einer grünen dünnen Kupfersulfat-(Brochantit)-Kruste. Der Fundort ist fraglich. Die Entscheidung ist zwischen Schlaggenwald oder Joachimsthal zu treffen.

§. 2. Künstliche Brochantite.

Becquerel hat zuerst versucht, durch die Einwirkung der Carbonate auf eine Kupfervitriollösung Brochantitkrystalle künstlich zu erzeugen. Er erhielt warzenförmige Incrustationen.

Die von mir angestellten Versuche hatten ähnliche Resultate. Ein Calcitspaltungsstück [2] ward in eine Kupfervitriollösung mit überschüssigem Kupfervitriol gebracht. Nach zwei Monaten hatte sich eine dünne krystallinische Kruste von Brochantit auf dem Calcit abgelagert, während an einzelnen verstreuten Partien der Oberfläche Gruppen von feinen langen Gypsnadeln entstanden. Messbare Krystalle von Brochantit erhielt ich nicht.

Wibel erhielt durch Einwirkung von Eisenoxydsilicaten auf Kupfervitriollösung bei 210° C. schön grüne, glasglänzende mikroskopische Krystalle. Ihre Zusammensetzung ist nach Wibel

$$6CuO,\ 2SO_3,\ 6H_2O.$$

Wibel vergleicht seine Brochantitkrystalle mit der Form der Baryte von der Auvergne; hiernach wären die Flächen mit *b*, *m*, *v* (Broch.) zu bezeichnen. An einzelnen Krystallen soll auch

---

[1] Möglicherweise stammt von diesem Fundorte jenes Handstück, welches ich in der Pester Univ.-Ladensammlung unter Nr. 2 sah. Es wird „von nordungarischem Fundorte, altes Vorkommen" bezeichnet. Dieses Exemplar zeigt sehr kleine smaragdgrüne Brochantitkrystalle krustenförmig mit Gyps auf derbem Tetraëdrit, der aderförmig in glimmerreichem Schiefer aufsitzt.

[2] Um den Process zu verlangsamen. Überdies mittlere Zimmertemperatur.

noch ($\infty\breve{P}\infty$; $m\breve{P}\infty$) a und e(?) vorhanden gewesen sein. Die Form war theils octaëdrisch durch Zurücktreten der Pinacoidflächen, theils tafelförmig.

Hervorzuheben ist ferner noch die Angabe Wibel's: „Mehrfach schien auch eine zwillingsartige Durchwachsung zweier langprismatischer Individuen unter einem Winkel von 60° wie bei Staurolith vorzukommen.“

Da $av = 57°49'$ (monoclin) ist, so könnten Durchkreuzungszwillinge der beschriebenen Art die Fläche v (101) als Zwillingsfläche haben. Ihre Form würde ungefähr Fig. 17 darstellen.

XXXVII. Brochantite II. Typus: Warringtonit; Varietät *c* von Rezbanya; und vom Banat.

§. 1.

Die Trennung der einzelnen Varietäten der Brochantitgruppe in diverse Typen ist eine sehr missliche Frage. Es fehlen nämlich in der Mehrzahl der Fälle gerade jene Elemente: morphologische und chemische, deren Werth eine solche Trennung begründen kann. Ebenso fehlen aber auch jene Bestimmungen, auf Grund deren man die Varietäten diverser Fundorte als zu Einem Typus gehörig zusammenfassen könnte.

Die Aufstellung solcher Typen, II—IV, ist daher nur eine vorläufige, und soll die Aufmerksamkeit der Mineralogen auf die Differenzpunkte der einzelnen Varietäten lenken.

Zum zweiten Typus rechne ich den chemisch bestimmten Warringtonit und eine Varietät *c* von Rezbanya, welche wohl krystallographisch, nicht aber chemisch untersucht ward.

§. 2. Warringtonit.

Der von Maskelyne l. c. benannte und bestimmte Warringtonit fand sich auf Schieferstücken von Cornwall. Warringtonit unterscheidet sich vom Brochantit durch lichtere Farbe, Abwesenheit der Streifung und Mangel der charakteristischen Form des echten Brochantits (Typus I). Überdies fand Maske-

lyne für ersteren ein minderes specifisches Gewicht: $D = 3{\cdot}39$ —$3{\cdot}47$. Die Analyse gab:

$CuO = 68{\cdot}23$	$4CuO$
$SO_3 = 16{\cdot}73$	SO_3
$H_2O = 14{\cdot}64$	$4H_2O$.

Die Zahlen Pisani's weichen hievon etwas ab; allein nach Maskelyne scheint ersterer nicht vollkommen von Muttergestein befreites Material untersucht zu haben. Ich habe deshalb diese Analyse, sowie die mir im Originale nicht zugängige Analyse Warrington's übergangen.

Nach Maskelyne kommt mit dem Warringtonit noch Langit und echter Brochantit vor [1]. Der Warringtonit bildet meist gras- bis smaragdgrüne Krusten und nur selten einzelne Krystallindividuen. Die Form der letzteren hat Maskelyne ebenfalls bestimmt, doch dieselbe nicht auf die Indices von Brochantit in Miller's Mineralogy bezogen. Eine Beziehung der Maskelyne'schen Angaben auf Brochantit ist daher nur beiläufig möglich. Maskelyne gibt folgende Flächen an: eine Spaltfläche 001 (*b* Schrauf); in der Zone (001)(010) ein Prisma mit dem Winkel 28°30′ ($ee' = 27\frac{1}{2}°$ Schrauf); seltener noch eine Fläche 100 (*a* Schrauf; nur an Krystallen von Typus II beobachtet). Die übrigen auftretenden Prismen und Pyramiden waren stark gekrümmt. Maskelyne nennt die Form aus diesem Grunde: double curved wedge. Über prismatischen oder monoclinen Charakter konnte er kein Urtheil abgeben, weil die Polarisationsebene parallel den scheinbaren prismatischen Axen (sowie früher bei Brochantit, Typus I, p. 40) waren. Zwillingsstreifung auf *a* ward beobachtet.

Maskelyne betrachtet den Warringtonit als ein Übergangsstadium vom Langit zu Brochantit, indem Langit durch Er-

---

[1] Zwei Stücke in der Sammlung des Herrn Eggerth in Wien zeigen dieses combinirte Auftreten. Nr. 141 *a* ist Langit auf Schiefer. Mit der Langitkruste sind einzelne Partien einer grünen Brochantitgruppe verwachsen. 141 *b* zeigt ein feinblättriges Vorkommen der Kupfersulfate. Die obersten Blätter sind blau, die unteren grün und haben Spuren einer krystallinischen Brochantitkruste.

wärmung successive in beide Substanzen, bei allmäligem Wasserverlust, übergeführt werden kann.

Obgleich die Form des Warringtonit aus den wenigen Angaben von Maskelyne sich nicht genau ableiten lässt, so glaube ich doch letztere so weit wie möglich zur Skizze einer Figur benützen zu sollen. Fig. 18 stellt nun die Form des Warringtonit vor, wobei die Indices die directen Angaben Maskelyne's, die Buchstaben unsere Brochantitflächen bezeichnen.

§. 2. Varietät *c* von Rezbanya.

Formen, welche den des Warringtonit gleichen, sind mir von zwei verschiedenen ungarischen Vorkommen bekannt geworden.

Das hier zuerst zu besprechende Handstück (Hof.-Min.-C. II. Hds. 1025 *a*) ist ein vollkommen echtes Rezbanya-Vorkommen, für dessen richtige Fundortbestimmung der begleitende Hessonit Sicherheit gewährt. Die Krystalle an diesem Handstücke gleichen weder den früher beschriebenen Brochantit-Varietäten *a* und *b* von Rezbanya (p. 13 und 30), noch einer vierten Varietät *d*, welche in Nr. XXXIX untersucht werden soll. Ihrer Form nach stehen sie dem Warringtonit am nächsten.

Am Krystall 30 dieses Handstückes (vergl. Fig. 19) ist die Fläche *r* glänzend; *b* als Spaltungsfläche erkennbar. Letztere Fläche ist durch Zwillingslamellen gestört, welche nicht gleichzeitig einspiegeln. *ee'* ist sehr gekrümmt und schuppig; ebenso *x*(201). Am gewöhnlichen Wollaston'schen Goniometer wurde

	beobachtet	gerechn. (monocl.)
$br =$	$29\frac{1}{2}° - 33°$	32°40'
$be =$	74	76 25
$be' =$	104	103 35
$ex =$	52	52 4·6
$rx =$	55—60	65 4·6
$xb =$	85—90	90

Um die Flächensymbole annähernd bestimmen zu können, verwende ich die Winkel der monoclinen Winkeltabelle (p. 11). Das Doma $x\,(201) = 2P\infty$ ist gekrümmt, und möglicherweise sind mit demselben noch angrenzende Pyramiden (vergl. nachfolgenden Paragraphen) verbunden.

Die Farbe der Krystalle ist dunkel schwarzgrün, ihre Grösse höchstens 1½ Millim. Sie bilden eine dichte krystallinische Kruste, über welche nur wenige Krystalle von deutlicher Form sich erheben. Das Handstück selbst ist von aussen wenig versprechend, und wird von wechselnden Schichten von Kupferschwärze, Kupfergrün und Hessonit gebildet. Die kleinen, höchstens 1½ Millim. grossen Hessonitkrystalle sind meist von Kupfergrün überrindet. Auf der Rückseite ist Wismuthocher. An der Vorder- und Rückseite des Handstückes öffnen sich gewundene Drusenräume, die durch das Innere des Stückes hindurch mit einander in Verbindung stehen, sich wechselnd erweitern und auskeilen. Die äusserste Begrenzung dieser Drusenräume bildet an der Unterseite Hessonit, sonst Kupferschwärze. Auf dieselbe hat sich eine 3 Millim. dicke Schichte lichtgrünen Malachits aufgelagert, auf welcher dann als oberste Schichte der schwarze Brochantit in einer dicht gedrängten, wirr krystallisirten Kruste von 1 Millim. Dicke aufsitzt. Er ist aus dem Malachit entstanden.

§. 3. Brochantit vom Bánat, Dognaczka (?).

Mit der eben besprochenen Varietät stimmen einige lose Krystalle — nicht der Paragenese — aber ihrer Form nach überein, welche ich von Herrn Dir. Tschermak zur Ansicht erhalten habe. Diese sind sehr schön krystallisirt, haben deutliche Flächen und sind über 3 Millim. gross. Meine Messungen mit dem Wollaston'schen Goniometer zur Orientirung der Flächensymbole ergaben mir, dass die Krystalle von den Flächen

$$a \,.\, b \,.\, r \,.\, m \,.\, e \,.\, x \,.\, g \,.\, k$$

begrenzt werden. Neu sind die Flächen $a\,(100)\infty P\infty$, $g\,(313)$ $P3$, $k\,(12.1.4)\,3P12$, deren Indices ich hier der Einfachheit wegen mit monoclinen Symbolen bezeichne (vergl. Fig. 2).

Der lose Krystall 3 war am schönsten und flächenreichsten entwickelt. Er zeigte eine scheinbar prismatische Symmetrie und hatte die Flächen der Vorderseite und die oberen Flächen der Rückseite vollkommen ähnlich ausgebildet. Die Flächen $x\,k$ sind ineinanderfliessend und schwer trennbar; parallel b zieht sich eine feine Zwillingsnaht durch den Krystall; auf der Rückseite treten Repetitionen der Pyramidenflächen — also Juxtaposition nach a — auf. Die Fig. 20 stellt ziemlich naturgetreu die Verhältnisse dieses Krystalls dar. Die Signatur der negativen Quadranten mit griechischen Buchstaben ist nur eine vorläufige und willkürliche Annahme. Die Indices der Flächen g und k sind

nur annähernd bestimmt; meine Beobachtungen stimmen bis auf $^1/_2{}^\circ$ mit den für *g* und *k* gerechneten Werthen. Eine grössere Anzahl von Messungen habe ich wohl gemacht, allein ich halte es für unzweckmässig, sie hier zu veröffentlichen, weil Herr Dr. Brezina die Winkel derselben Krystalle vor längerer Zeit gelegentlich bestimmt hat und diese seinerzeit veröffentlichen wird. Meine Zahlenwerthe stimmten annähernd, aber nicht vollkommen mit den Winkeln, welche für die Brochantite des Typus I gelten.

Das Handstück, von welchem die Krystalle stammen, war vor längerer Zeit in Wien zur Ansicht. Herrn Dir. Tschermak bin ich sehr zu Danke verpflichtet, dass er mir seine damals gemachten Beobachtungen über Form und Paragenese dieser Krystalle mittheilte.

Bei meiner diesjährigen Anwesenheit in Pest fand ich dieses Handstück in der Pester Universität, Schausammlung, unter Broch.: Nr. 3, mit der Bezeichnung von Rezbanya, und konnte einige Beobachtungen an demselben machen.

Dass die Formen dieser Krystalle einen neuen Habitus des Brochantit bilden, erkannte schon der oben genannte Forscher. Er bestimmte bereits die Flächen *b*, *m*, *r*, *x*.

An dem Handstücke mittleren Formates bilden die Krystalle, deren einzelne öfters 7 Millim. lang, schön schwarzgrün und glänzend sind, Drusen in einem halbgeöffneten Hohlraume in dichtem Rothkupfererz, welcher theilweise auch mit gelbbraunem, bleihaltigem Ziegelerz ausgekleidet ist. Fast alle Krystalle des Handstückes gleichen der oben beschriebenen Figur 20. Die untergeordneten Flächen *e* und *g* fehlen an einzelnen Krystallen.

Eine Partie der Rückseite ist in genetischer Beziehung interessant; eine concentrisch fasrige Malachitpartie ist oberhalb mit Brochantit bedeckt. Innen sind zwei Kugelschalen ausgelaugt, und in diesen Hohlräumen sitzt wieder Brochantit. Also ist der letztere durch Umwandlung des Malachits gebildet.

Im Handel ward für den Fundort des Stückes zuerst Banat an der Nähe von Dognaczka oder von Morawitza), dann später Rezbanya angegeben.

Nach der obigen Paragenese des Stückes sind diese letzteren Angaben zu bezweifeln. Peters in seiner Monographie

von Rezbanya, p. 117, sagt ausdrücklich: „Während manche Banater Lagerstätte so reich an Cuprit ist, hat Rezbanya fast nur unreines Ziegelerz aufzuweisen.“ Weder Peters, noch ich fanden an Rezbanya-Handstücken bisher die Paragenese: Rothkupfererz, Malachit, Brochantit.

Was den angegebenen Fundort Moraviczka (bei Dognaczka) im Banat betrifft, so führt weder Peters [1] noch Marka [2] von diesem Fundorte Brochantit und Rothkupfererz an. Die genannten Autoren (und ich selbst an einem kleinen Handstücke) beobachteten nur Malachit. Ob aber Dognaczka, oder welches andere der zahlreichen Banater Kupferbergwerke das obige Handstück lieferte, ist noch unentschieden.

XXXVIII. Brochantit III. Typus von Nischne-Tagilsk.

Die Brochantite des II. Typus haben eine Form, welche sich nur unwesentlich von dem Habitus des I. Typus unterscheidet. Nur die Analyse des Warringtonit rechtfertigt deren Trennung. Grössere morphologische Differenzen treten uns bei Untersuchung des III. oder IV. Typus entgegen.

Die Brochantite III. Typus habe ich auf einem Handstücke von Nischne-Tagilsk (Hof-Min.-C. 1869, X. 5) aufgefunden.

Das Handstück besteht aus derbem Thoneisenstein, die obere Seite hat eine warzige rauhe zerfressene Gestalt und ist mit einem sehr dünnen, dicht anschliessenden hyalitähnlichen Anfluge bedeckt, dessen Farbe von licht graubraun bis licht blaugrau wechselt. In feinen Adern durchzieht Rothkupfererz das Handstück. Auf der unteren Seite ist ochriges Brauneisen und nebenan etwas Malachit.

Auf der oberen Seite des Stückes sind sparsam einzelne Brochantitkrystalle zerstreut. In der Mitte der Oberfläche aber bilden die Brochantitkrystalle eine concentrisch strahlige, halbkugelförmige Gruppe von 1 Centim. Durchmesser. Da der ganze obere Theil der Halbkugel fehlt (wahrscheinlich nie vorhanden war), so sieht man, dass die concentrische

---

[1] Peters l. c. p. 96 spricht über einige genetische Verhältnisse von Morawitza.

[2] Marka l. c. Jahrb. geol. R. 1869 gibt eine Liste der von Morawitza bekannten Mineralien, sammt Grubenkarten und geognostischem Detail.

Bildung strahlenartig von einem Kern aus erfolgte. Der Kern liegt höher, als die Enden der noch vorhandenen Brochantitkrystalle. Man kann daher an eine stalagmitische Bildung durch Tropfen von oben denken. Die Krystalle sind nicht alle gleich lang (8—10 Millim. lang bei 1 Millim. Dicke), und deren Enden meist frei und deutlich krystallisirt.

Die Form dieser Krystalle ist bei flüchtiger Betrachtung mit Atacamit zu verwechseln. Nur minimale Quantitäten konnten zur Prüfung angewendet werden. Ich fand in derselben kein Chlor, dagegen aber sehr starke Reaction auf SO_3. In der Glühhitze entweicht Wasser und Schwefelsäure, und es bleibt das schwarze CuO zurück. Zahlen kann ich nicht angeben, indem die äusserste Schonung dieses nur in wenigen Krystallen vorhandenen Materials nothwendig war. Obiges genügt, um die Krystalle als basisches Kupferoxydsulfat zu bestimmen [1].

Die Form der Krystalle konnte ich an zwei kleinen Krystallenden bestimmen. Die Krystalle sind nämlich (mit Rücksicht auf die vorherrschende Längendimension) als liegende Säulen gebildet, deren ein Ende frei und ausgebildet, das entgegengesetzte Ende hingegen mit dem centralen Kerne verwachsen ist.

Beobachtet sind ausser den Flächen *b*, *m*, *r* des Brochantit noch die Domenfläche *i*(011) $\breve{P}\infty$ (vergl. Projection 2). Die Flächen *b* sind an allen Krystallen als vollkommene Spaltungsflächen deutlich erkennbar. An den gemessenen Krystallen sind die Flächen *m m'* nicht homogen, sondern deutlich aus je zwei Hälften, einer oberen und unteren bestehend, welche sowohl gegen *b* differente Winkel machen, als auch unter sich selbst einen ausspringenden Winkel bilden. Da nicht entschieden werden kann, ob die Krystalle dem triclinen oder monoclinen Systeme zugehören, so können diese Zwillinge vorläufig als Zwillinge nach *c* mit Juxtaposition nach *c* gedeutet werden. Aus dem (aber nicht absolut genauen) Winkel *bm bm'* könnte man „triclines Krystallsystem, Übereinstimmung mit Typus I, Zwillinge

[1] Einen ähnlichen atacamitähnlichen Habitus, wie dieser Typus III von Nischne-Tagilsk, zeigen auch (vergl. p. 50) die Brochantite von Atacama. Für letztere gibt Domeyko die dem Warringtonit nahe stehende Formel $3CuH_2O_2 + CuSO_4 + H_2O$, genauer $17CuO, 4SO_3, 10H_2O$. Ist von der Ähnlichkeit des Habitus ein Schluss auf die Ähnlichkeit der Formel erlaubt?

nach *a* mit Juxtaposition nach *c*“ herauslesen. Die Ausbildung der zwei gemessenen Krystalle ist aber nicht so schön und die Flächen nicht so glänzend, dass man die nachfolgenden Messungen als absolut genau betrachten dürfte. Der kleinste Ausbildungsfehler ist sicher 10 Minuten und die Reflexe sind theils doppelt, eng aneinander liegend, theils verschwommen (vergl. Fig. 21).

Kryst.	beobachtet		ger. (monocl.)	(tricl.)	
41	$bm =$	53°10'		$bm =$	52°36'
„	$b\bar{m} =$	51 32	$bm = 52°\ 3\frac{1}{2}'$	$b\bar{m}' =$	51 24
„	$bm' =$	−51 20		$bm' =$	−51 24
42	$-b : m' =$	51 10	„	$-bm' =$	51 24
„	$-b : m =$	−52 30*		$hm =$	52 36
41	$\bar{m} : m =$	1 30		$m\bar{m}_c =$	0 51
41	$bi =$	64 9*	$bi = 64\ 12\frac{1}{2}$		
„	$bi =$	−64 15	„		
42	$-b : i' =$	65 30			
„	$b : i =$	62 30	„		
„	$b - i' =$	63 20	„		
„	$-b : -i =$	65 20	„		
41	$mi =$	74 17	$mi = 74\ 4\frac{2}{3}$		
42	$mi =$	74 1*	„		

Da keine Pyramiden auftreten, das Doma *i* parallel der Zone *bi* etwas gestreift ist, auch Zwillingsnähte dasselbe durchkreuzen, so ist die Übereinstimmung der Zone *bm* mit den Werthen des triclinen Typus I wohl hervorzuheben. Sie ist nicht genügend, um das Krystallsystem dieses Typus festzustellen. Die obigen Messungen mit * haben den kleinsten Ausbildungsfehler.

Die optische Orientirung ist ähnlich den früheren Angaben. Die Schwingungsaxen in der Ebene *b* circa parallel den Axen *XZ*, so weit die minimalen Krystalle eine Messung erlaubten. Scheinbar daher eine Symmetrie wie im prismatischen Systeme vorhanden.

Diesem Typus III könnten die Brochantite von Atacama (p. 50) vorläufig beigezählt werden.

XXXIX. Brochantite IV. Typus: Königin und die Varietät *d* von Rezbanya.

§. 1. Die Brochantitvarietät: Königin.

Levy hat, um den ehemaligen Director des Lond. Min. Mus. König zu ehren, ein dem Brochantit nahe stehendes Mineral „Königin" genannt. Nach Wollaston bestand es aus SO_3 und CuO; der Fundort war Werchnoturinsk in Sibirien. Da Levy selbst auch das Mineral Brochantit aufgestellt hatte, so mussten sicher Differenzen zwischen Brochantit und Königin vorhanden gewesen sein. Sonst hätte gewiss Levy die zwei ihm vorliegenden Königin-Stücke als wahre Brochantite bestimmt. Letzteres Mineral war damals ja ebenfalls vollkommen neu. Für Levy war die vorhandene Differenz der Formen entscheidend. Die von ihm beobachteten Krystalle waren dicht zusammengewachsen und bildeten Krusten auf dichtem eisenhaltigem Kupferoxyd. Ihre Farbe war dunkel smaragdgrün bis schwarzgrün. Ihre Gestalt war die einer kurzen Säule mit gewölbten Flächen. Mit der vollkommensten Spaltungsfläche sitzen sie auf dem Muttergesteine [1]. Seine Figur (5 in Pogg. Ann.) habe ich mit seinen Buchstaben in Fig. 22 copirt. Er beobachtete

$mm = 105°$ ($x\xi$ [Schrauf] Broch. monocl. $= 102°13'$)
$Pm =$ 90 circa
P vollkommene Spaltungsfläche.

Diese Angaben von Levy hat schon Miller (Mineralog.) benützt, um die Form des Königin mit der des Brochantit zu identificiren. Miller's Fig. 549 stellt die Formen des Königin in einer Stellung dar, in welcher die Spaltungsebenen beider Mineralien übereinstimmen. Die Flächen *m* Levy's nennt Miller *x*, welchen Buchstaben ich beibehalten habe [2].

Diese Orientirung Miller's angenommen, erhält die Figur Levy's die Gestalt von Fig. 23. Man ersieht jetzt schon aus

[1] Eine Ausbildung, die ich bei den übrigen Brochantiten, Typus I—III nicht beobachtete.

[2] Die Flächen *x* und *s* treten auch bei Brochantit Typus II auf.

der Levy'schen Zeichnung die Übereinstimmung von Levy's Fläche *e* mit der Fläche *e* am Brochantit. Es ist möglich, dass die gekrümmten Flächen *m* (Levy) nebst dem Doma *x* noch eine eng anschliessende Pyramidenfläche, vielleicht *k* (Typus II) in sich begriffen haben

Eigene Beobachtungen lehrten mich, dass die im obigen angegebene Orientirung der Königinformen richtig ist; doch vermag ich der Beschreibung Levy's nur wenig Neues beizufügen. Ein Exemplar des sibirischen Königin von Werchnoturinsk sah ich im Pester National-Museum (unter Nr. 603/1, Lobkowitz Samml.). Das Handstück besteht aus einer grösseren Schwarte derben Kupfererzes, seitlich mit etwas Brauneisen, oben und unten mit Malachit bedeckt. Auf dem Malachit sitzen krustenförmig 1—2 Millim. grosse Krystalle des Königin. An den Krystallen lassen sich deutlich die Flächen *b* und *x* (des Brochantit) erkennen. Es ist hier die einfachste Combination auftretend.

Dass aber diese Form in der That auf das Parameterverhältniss des Brochantit bezogen werden kann, dafür ist die Ausbildung der Varietät *d* von Rezbanya Gewähr. Die Formen dieser letztgenannten Varietät bilden eine Zwischenstufe zwischen den Formen des sibirischen Königin und zwischen den Formen des Brochantit II. Typus [1].

§. 2. Varietät *d* von Rezbanya. *α*) Paragenesis.

Mit dem eben beschriebenen Königin hat eine Varietät *d* von Rezbanya manche Eigenschaften gemein. Es sind Drusen mit dunkel schwarzgrünen Krystallen von meisselähnlicher Form. Auf sie hat zuerst Peters mit einigen Worten hingewiesen. Während die Brochantite der übrigen Typen gewöhnlich mit *c* auf dem Muttergestein haften, sind gerade die Krystalle dieser Varietät (wie oben bei Königin bemerkt) in der Mehrzahl der Fälle so orientirt, dass sie mit den Spaltungsflächen *b* aufsitzen.

Mir lagen drei Handstücke dieser Varietät vor.

---

[1] In letzter Zeit hat Kokscharow l. c. einige Notizen über Königin veröffentlicht, welche jedoch weder Krystallgestalt noch Beziehung zu Brochantit erklären.

Namentlich durch die Paragenesis mit Hessonit wird das Vorkommen dieser Varietät von den früher besprochenen *a*, *b* unterschieden. Eines der Handstücke ward 1815 mit der ursprünglichen Etiquette vom Banat, das zweite als von ? Katherinenburg stammend, 1849 gekauft. Beide sind schon seit längerem als Rezbanya-Handstücke bestimmt; als solche auch von Peters l. c. notirt. Für den Fundort Rezbanya spricht auch das Vorkommen von Hessonit in Mitte des Chrysocolla, auf welches früher übersehene Mineral ich an diesem Stücke aufmerksam machen werde.

Das reichste und beste Stück trägt die Signatur H.-M.-C. 23/28, 1815. IV. 2. Auf einer grösseren Schwarte von mit Kupferschwärze gemengtem Malachit ist seitlich der Octant eines grösseren Drusenraumes beim einstigen Formatisiren des Stückes noch erhalten geblieben. Diese Druse ist von schwarzem mit Malachitadern durchzogenen Kupfer-Eisenocher gebildet. Im innern Raume der Druse schliesst sich an diese Kupferschwärze zelliger und drusig rauher, matter, schmutzig grüner Chrysocolla [1]. Dieser Chrysocolla umschliesst allseitig plattenförmige Partien von theils derbem, theils krystallisirtem Hessonit. Auf den Chrysocolla folgt nun gegen das Innere der Druse zu als letzte Schichte eine dünne, 1 Millim. dicke Kruste schwarzgrünen Brochantits (Varietät *d*). Zahlreiche Krystalle erheben sich 1—2 Millim. gross über diese Kruste. Sie sind ziemlich scharf entwickelt, gut glänzend, sitzen immer mit der Spaltfläche auf und stehen keilförmig nach oben.

Ähnliche Paragenese hat das Handstück H.-M.-C. 1849. II/1027. Dasselbe ist das abgeschlagene Eck einer ehemals grösseren Geode. Die äusserste Schichte bildet Malachit, aus welcher einzelne Partien von gelbbraunem glänzenden Hessonit hervortreten. Vom Hessonit habe ich die Form $211 = 20\bar{2}$ gemessen. Die untere ebene Fläche des Stückes ist von einer dünnen Schichte blättrigen Gypses (jüngeren Alters) bedeckt.

Die auf Malachit folgende Geodenschichte ist Kupferschwärze; sie ist $^2/_3$ Centim. dick und von einzelnen kleinen Brochantitschnüren durchzogen. Den nach aussen gerichteten Theil dieser Schichte bedeckt gelber Bleiwismuthocher. Der innere Raum der Druse ist gleichsam in zwei Etagen getheilt. Im unteren Theil, welcher sich an den Gyps anschliesst, und von diesem partiell überlagert wird, ist lichtgrüner Chrysocolla. Letzterer hat nierige, traubige Form und incrustirt vollkommen eine dünne, wirr verlaufende Schichte von Hessonit. Der obere Raum der Höhlung ist vollkommen ausgekleidet mit dunkel schwarzgrünen Brochantitkrystallen des Typus IV.

---

[1] Geprüft auf SO_3 und auf PO_5.

Paragenetisch überaus wichtig ist aber das schon früher (p. 32) erwähnte Stück — Nr. Szajbely, 342 — im Pester Nat.-Museum. Auf Brauneisen und Chrysocoll haltendem Muttergestein sitzt eine dichte Kruste von 1—2 Millim. grossen Krystallen unseres IV. Typus. Die Form ist der Mehrzahl nach durch die Flächen b, x, μ gebildet. Auf dieser Kruste hat sich eine jüngere Generation von Brochantit angesiedelt. Es sind dies Krystalle der Form und des Typus I, Varietät b, von lichtgrüner Farbe. Die Krystallisation dieser zweiten Varietät b hat jedoch die vorhandenen Königinkrystalle nicht angegriffen. Es zeigt dieses Stück, dass der Typus IV von wesentlich differentem Alter und von anderen chemischen Eigenthümlichkeiten sein muss, als die jüngere Varietät b Typus I.

Von dem Handstücke 23/28 konnte eine kleine Partie der Kruste zur Analyse abgetrennt werden. Um sie von dem anhängenden, theils malachitischen, theils Kupfergrün haltenden Muttergestein ganz frei zu halten, wurden von mir nur deutlich erkennbare Krystallfragmente ausgelesen. Mehrere Versuche, übereinstimmende Zahlen für die Dichte zu erhalten, scheiterten an der geringen Quantität der Substanz und an deren grob pulverähnlichem Zustande. Um keinen Einfluss auf die etwaigen Resultate der Analyse auszuüben, vermied ich auch eine stärkere Erhitzung, welche allein im Stande gewesen wäre, die Luftblasen vollständig zu entfernen. Die erhaltenen Zahlen stimmen mit $3 \cdot 8 \pm 0 \cdot 1$.

Herr Prof. Ludwig hatte die Freundlichkeit, das ausgesuchte Material zu analysiren, und theilte mir als Resultat die Zahlen

$CuO = 70 \cdot 44$	$4\,CuO$
$SO_3 = 17 \cdot 40$	SO_3
$H_2O = 12 \cdot 01$	$3\,H_2O$

mit. Nach dieser Analyse (vergl. l. c.) besitzt die dunkel schwarzgrüne Varietät d den relativ höchsten Kupfergehalt unter allen bisher analysirten Brochantiten. Da auch die Form dieser Varietät eigenthümlich ist, so haben wir der Substanz und der Gestalt nach in dem vorliegenden Typus einen Grenzfall aus der Gruppe des Brochantit vor uns, der sich theilweise von den übrigen Gliedern unterscheidet.

§. 3. Varietät *d* von Rezbanya. β) Form.

Die Gestalt der Brochantit-Varietät *d* dieses IV. Typus ist von allen bisher beschriebenen Brochantitformen vollkommen verschieden. Die keil- oder meisselähnlichen Krystalle haben mit den übrigen Brochantiten nur wenige Flächen gemein. Beobachtet habe ich an denselben die Flächen (monoclin bezeichnet):

b	*r*	μ	λ	*e*	$x\xi$	kx
010	120	730	610	012	201, $\bar{2}01$	12.1.4, $\bar{1}2.1.4$
$\infty P\infty$	$\infty P2$	$\infty P\frac{7}{3}$	$\infty P6$	$\frac{1}{2}P\infty$	$\pm 2P\infty$	$\pm 3P12$.

Die Spaltungsebene *b* ist vollkommen glatt, spiegelnd, ohne Streifung und ohne Zwillingslamellen. Sie unterscheidet sich hierdurch von der Spaltungsebene an den Brochantiten Typus I, die immer noch durch Zwillingsstreifen unterbrochen ist. Die übrigen Flächen sind meist gekrümmt, schuppig und nur in wenigen Fällen glatt und glänzend. Die relativ besten Winkel geben die Flächen *e* und μ. Die Flächen *x*, *k* verlaufen immer in einander und bilden ein scheinbar gewölbtes Doma oder Pyramide. Bemerkenswerth ist, dass die für die Gestalt der Kupfermineralien, z. B. Brochantit, Malachit, Atacamit, so einflussreiche Fläche *m*(52°) hier nicht zur Entwicklung gelangt. Das Auftreten von *r* als schmale Abstumpfungsfläche ward nur höchst untergeordnet einmal beobachtet.

Die Krystalle sind anscheinend einfach, doch kommen Juxtapositionen parallel *a*, erkennbar aus der Repetition der Flächen *x*, *k* vor. Das Krystallsystem könnte man, da keine einfachen Zonen vorliegen, als prismatisch annehmen, ohne mit den Messungen an diesen kleinen gekrümmten Krystallen in Widerspruch zu gerathen. Anderseits erlauben aber diese Messungen auch eine Identificirung mit dem allgemeinen monoclinen Axenverhältnisse der Brochantitgruppe. Im letzteren Falle muss aber auf die Einfachheit der Indices für die dominirenden Prismenflächen μ und λ verzichtet werden.

Ich habe letzteres gewählt und die obigen Flächensymbole auf das monocline Brochantitsystem bezogen. Hierdurch wird die

Vergleichung der Formen der einzelnen Varietäten wesentlich erleichtert.

Unter den gemessenen Krystallen ist Nr. 50, von 23/28 stammend, der beste und flächenreichste. Die Spaltungsebenen $-b$ und e sind scharf, die Flächen μ ziemlich gut messbar. Um die gemessenen Flächen zu individualisiren, habe ich (ähnlich wie bei triclin) dieselben je nach ihrer Lage mit ′ oder — versehen (vergl. Fig. 24, und Projection Fig. 2).

	Beobachtet	Gewicht [1]	Gerechn. (monocl.)	
$-b:\mu =$	108°24′			
	−71 36	1/9	$b\mu =$ 71°31′2	
$-b:e =$	104 25			
	−75 35	1/4	$be =$ 76 25	
$-b:-e =$	76°—77°		„	
$-b:-x =$	93°20′	1/25	$-bk =$ 93 15·7	[2]
$-b:k =$	93 10	„	$-bx =$ 93 17·2	
$-b:x =$	93 40	„		
$e:-\mu' =$	86½°		$e:-\mu' =$ 86 14	
$e\xi =$	50½		$e\xi =$ 52 42·2	
			$ex =$ 52 4·6	
$ex =$	60		$ex =$ 62 10·3	
$e:k =$	59½		$ek =$ 61 22	
$-\xi:-x =$	9		$x\xi =$ 11 12	
$-\xi\mu =$	42 30		$\mu'\xi =$ 42 36·6	
			$\mu x =$ 42 14	
$-x\mu =$	30—32°		$\mu' x =$ 31 39·6	
$x\xi =$	106½°		$x\xi =$ 102 13	
$kx =$	120		$kx =$ 123 7	

Die Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung für die Flächen x und k würden auch dadurch nicht kleiner, wenn man aus den besten Winkeln be und $b\mu$ separat ein neues prismatisches Parametersystem und andere Werthe für k und x ableiten möchte.

An anderen Krystallen tritt die Fläche x noch mehr zurück und verfliesst in die Krümmung von k. Dann scheint nur Eine Pyramidenfläche vorhanden zu sein. Aber die Messungen dieser

---

[1] Vergl. frühere Nr. und p. 86.

[2] Die Unterscheidung zwischen x und k ist nur hypothetisch.

sind scheinbar unerklärlich, weil (wegen der Krümmung) kx zu kleine Werthe geben.

Am Krystalle 51 von 23/28 ward

beobachtet		gerechn. (monocl.)	
$b\mu =$	$71\frac{2}{3}°$	$b\mu =$	$71°31'2$
$-b:-\mu' =$	$-72\frac{2}{3}$		
$b\lambda =$	83	$b\lambda =$	82 35·6
$bk =$	$86\frac{1}{2}$	$bk =$	86 44·2
$k\mu =$	33	$\mu k =$	31 28
$-x\mu =$	32	$\mu x =$	31 39·6
$kx =$	114	$kx =$	123 7
		$x\xi =$	102 13

An einem anderen Krystalle, Fig. 25, beobachtete ich eine sehr schmale Abstumpfung der Kante $b\mu$, deren ungefähr bestimmter Winkel 35° war, und daher auf die Flächen r des Brochantit bezogen werden könnte.

Das Handstück (II.-M.-C. II/1027) hat ähnliche Krystalle, nur ist deren Flächenausbildung noch unvollkommener. Einer der von mir untersuchten Krystalle hatte eine Form, die vollkommen den Prismen des Königin ähnlich ist. Am Krystall 56 (vergl. Fig. 26) ist

beobachtet		gerechn. (monocl.)	
$be =$	75°	$be =$	76°25'
$x\xi =$	104	$x\xi =$	102 33·5

Namentlich dieser letzte Krystall lässt erkennen, dass die meisselförmigen Krystalle unserer Varietät den Übergang bilden zu den cylindrischen Formen des Levy'schen Königin. Deshalb muss auch der letztgenannte mit dem Brochantit verwandt sein.

Leider gelingt es nicht, durch Messungen den morphologischen Charakter dieses IV. Brochantit-Typus absolut genau festzustellen. Wollte man von den obigen Messungen Gebrauch machen, so dürfte nur der Messung $be = 75°35'$ ein relativ grösseres Gewicht beigelegt werden. Diese Messung würde eine geringe Vergrösserung der Axe c verlangen. Es könnte dann

$$a:b:c = 0·779:1:0·505$$

für das Verhältniss der Parameter gesetzt werden. Die Axenwinkel ξ, η, ζ sind jedenfalls nahe gleich 90°; ob dieselben jedoch gleich 90° sind, oder ob sie wie beim I. Typus um 10′ bis 30′ von 90° abweichen, ist nicht entscheidbar.

Ob prismatisch, monoclin oder triclin; über diese Frage geben auch die optischen Verhältnisse nur geringen Aufschluss. Platten, parallel *c* oder parallel *b*, lassen erkennen, dass die Hauptschwingungsaxen, ähnlich einer prismatischen Symmetrie, nahe parallel den Krystallaxen *X*, *Y*, *Z* orientirt sind. Ähnliches zeigten auch die triclinen Krystalle des Typus I. Es herrscht daher eine gewisse Übereinstimmung der optischen Orientirung bei diesen Typen. Die optische Orientirung mit einer scheinbar prismatischen Symmetrie schliesst jedoch nicht absolut nothwendig die Bedingung in sich, dass deshalb der Krystall wirklich prismatisch ist. Bei so kleinen Kryställchen ist die optische Orientirung ohnehin nur auf 1—2° sicher; anderseits zeigten manche monocline Krystalle, z. B. Kaluszit, Brookit, Luteokobaltchlorid, ein scheinbares Zusammenfallen der Hauptschwingungsaxen mit den Krystallaxen.

Obgleich nun durch Form und durch die chemische Analyse die eben besprochene Varietät *d* sich von den übrigen Varietäten der Brochantitgruppe unterscheidet, so habe ich doch nicht für nothwendig erachtet, dieselbe (inclusive des Königin) als selbstständige Mineralspecies vom Brochantit zu trennen. Die Annahme eines separaten Typus IV für dieselben mag vorläufig genügen. Es sind auch für die früheren Typen I—III noch manche ergänzende Bestimmungen, sowohl durch Analysen, als auch durch künstliche Erzeugung, nöthig, ehe die Glieder der Brochantitgruppe als scharf bestimmt unterschieden werden können.

XL. Vergleichender Rückblick auf die paragenetischen und chemischen Verhältnisse der Mineralien aus der Gruppe des Brochantits.

§. 1. Paragenese der basisch-schwefelsauren Kupferoxydsalze.

Obgleich die Zusammensetzung jener basisch schwefelsauren Kupferoxydsalze, deren mineralogisches Geschlecht unter dem Namen Brochantit bekannt, sehr einfach ist, so zeigen doch die Zahlen der vielen Analysen nicht die wünschenswerthe Übereinstimmung. Weder die Analysen der natürlich vorkommenden Mineralien dieser Gruppe, noch die der ähnlichen, aber auf künstlichem Wege erhaltenen Substanzen führen zu einerlei chemischer Formel. Genauer ist seit Becquerel (l. c.) die Entstehung dieser Verbindungen bekannt, und ausser dem ebengenannten Autor haben Roucher, Wibel, Field mancherlei chemische Reactionen angewendet, um Verbindungen dieser Art künstlich zu erhalten.

Die Ableitung aller Substanzen der Brochantitgruppe geschieht mit Zugrundelegung einer Kupfervitriollösung, welche als Zersetzungsproduct der Kupferkiese in der Natur so häufig auftritt. Becquerel hat schon nachgewiesen, dass die Einwirkung eines Carbonates — im einfachsten und häufigsten Falle der Calcit — genügt, um der Kupfervitriollösung einen Theil des Wassers und der Schwefelsäure zu entziehen. Hierdurch sind die Bedingungen zur Bildung des Gypses und eines kupferreicheren SO_3CuO-Salzes gegeben. Im Falle, dass Calcit im Überschuss vorhanden, muss dann die frei gewordene CO_2 auch zur Bildung des Malachits führen. Becquerel (und auch ich) hat auf diese Weise brochantitähnliche Krusten erhalten.

Field (l. c.) hat, um die Reactionen der CO_2 zu vermeiden, statt Calcit eine geringe Quantität von Kali [1] angewendet. Er

---

[1] Field erwähnt, dass, wenn man statt des Alkali überchlorsauren Kalk anwendet, man dann künstliche Verbindungen aus der Gruppe des Atacamits enthält. Er erhielt meist $3CuO\ CuCl_2\ 4H_2O$; gelegentlich auch $3CuO\ CuCl_2\ 6H_2O$.

erhielt dann in der Kupfervitriollösung einen pulverförmigen Niederschlag, der nebst einem basischen $CuO\,SO_3$-Salze noch SO_2KO enthielt. Nach Trennung beider ergab die Analyse des Kupfersalzes für letzteres die Zusammensetzung eines Brochantit mit grossem Wassergehalt, genauer die des Warringtonit, nämlich $4\,CuO\,SO_2\,4\,H_2O$.

Wibel (l. c.) wendet zweierlei Methoden an, um Brochantit zu erhalten: α) In geschlossenen Röhren erhitzte er das Pulver von Eisenoxydsilicaten (Anthophyllit, Hornblende und Basalt) mit einer Kupfervitriollösung bis auf 210° C. Die mikroskopischen Krystalle (vergl. p. 56) hatten die Zusammensetzung $6\,CuO\,2\,SO_3\,6\,H_2O$. β) Die Combination von Kupfervitriollösung mit Kalksilicat (Wollastonit) ward längere Zeit auf 100° C. erhitzt. Der Niederschlag bestand aus einer Mischung von gallertartiger SiO_2, unzersetztem Wollastonit, und einem (nicht krystallisirten) grünen Kupfersalze. Die Zahlen der Analyse dieses letzteren stimmten mit $5\,CuO\,2\,SO_2\,3^1/_2H_2O$, wofür Wibel den wahrscheinlichen Werth $5\,CuO\,2\,SO_3\,3\,H_2O$ setzt.

Aber auch ohne Reactionsmittel, durch blosses Erhitzen einer Kupfervitriollösung entstehen basische Kupfersalze. Roucher (l. c.) erhält durch Glühen des Kupfervitriols $2\,CuO\,SO_3$. Dieses Salz verwittert an der Luft zu $6\,CuO\,2\,SO_3\,5\,H_2O$; ohne Erwärmung im kalten Wasser gibt es $8\,CuO\,2\,SO_3\,6H_2O$; in kochendes Wasser eingetragen liefert es die Verbindung $6\,CuO\,2\,SO_2\,4\,H_2O$.

Sind einzelne der letzteren Verbindungen auch nicht wahre Glieder der Brochantitgruppe, so zeigen sie doch den Einfluss der Temperatur auf den Wassergehalt der entstehenden (basisch CuO) Verbindung.

Diese besprochenen Versuche, „künstliche Brochantite zu erzeugen“, ergaben die Thatsache, dass man mit geringen Modificationen der Reactionsmittel ähnliche Substanzen, aber mit verschiedenem SO_3 oder CuO-Gehalt hervorrufen kann. Die Frage nach der wirklichen Formel der Mineralien unserer Gruppe ward durch diese Versuche nicht beantwortet. Die paragenetischen Verhältnisse der Mineralien erhielten aber einen erklärenden Leitfaden.

Betrachtet man die einzelnen Handstücke, so ist an manchen derselben die Paragenese eine deutlich erkennbare, und dann die Übereinstimmung der Reactionen von Natur und Kunst nicht zu leugnen.

An den Handstücken von Sibirien und im Banat kommt mit Brochantit noch Brauneisen, Rothkupfer und Malachit vor. Nach meinen Versuchen genügt die Einwirkung der oxydischen Erze, namentlich des Rothkupfererzes auf Kupfervitriollösungen, um eine langsame Anreicherung des Salzes mit CuO und eine Brochantitbildung hervorzurufen.

In Cornwall ist Malachit die Grundlage mancher Brochantite. Letztere sind durch die Wirkung der SO_3 haltigen Lösung auf das Kupfercarbonat entstanden. Nach Maskelyne kommt neben dem Brochantit noch der Langit (und der ihm ähnliche Devillin) vor. Eine Behandlung einer Kupfervitriollösung mit Magnesia in Überschuss ergab mir ein licht grünlichblaues nicht krystallisirtes Gemenge beider Sulfate, welches schnell incrustirte. Möglich, dass auch bei Langit eine kräftige aber schnell verlaufende Reaction die Bildung beeinflusste [1]. Der Devillin, der ein Gemenge von Langit mit Gyps ist, lässt erkennen, dass die Unterlage ein Kalkcarbonat war, welches auf die ursprüngliche Lösung einwirkte.

Wechselnder sind die paragenetischen Verhältnisse in Rezbanya gewesen. Wir haben mehrere Generationen zu unterscheiden. Varietät *a* hat oxydisches (Kupferschwärze) Muttergestein, und sitzt auf einer malachitischen Unterlage, welche aber die gebildeten Brochantite selbst wieder partiell umhüllt. Da keine Krustenbildung vorhanden, so sind diese verstreuten Krystalle in situ gebildet aus Tropfen übersättigter Kupfervitriollösung, welche während und vor dem Ende der Malachitbildung das Handstück trafen. Varietät *b* zeigt ebenfalls die Entstehung aus Malachit, wobei jedoch zusammenhängende Flächen von der Lösung benetzt wurden. Varietät *d* zeigt Kieselkupfer als Kruste über Hessonit und nebenan theils Malachit, theils Brochantit, letzteren auch in Begleitung von Gyps. Malachit und Brochantit

[1] Ich erinnere an den blauen Cyanochroit (Cu KO) SO_3 +3 HO, der auf Laven als Efflorescenz vorkommt.

verdanken hier einem Kalkcarbonat ihre Entstehung, welches die Substanz zum Aufbau des Gypses hergab. Der Wechsel von drei Säuren in mehreren kaum Millimeter dicken Schichten eines grünen Kupfererzes ist beachtenswerth.

Von grosser Wichtigkeit ist ferner das Nacheinandervorkommen zweier Brochantittypen auf einem Handstücke. Es zeigte sich, dass die lichtgrüne Varietät *b* jünger ist, als die schwarzgrüne Varietät *a* und als die Krystalle des IV. (Königin) Typus. Das Aufgewachsensein einer grösseren Kruste von Krystallen Varietät *b* auf einer hierdurch nicht angegriffenen Königinkruste (vergl. früher p. 68) ist gewiss ein höchst wichtiges paragenetisches Vorkommen.

Reizend sind die Handstücke von Rezbanya, wenn nicht Kupfererze, sondern die Bleierze die Grundlage bilden (Varietät *b*). Die Bleierze dieses Horizontes sind in Rezbanya schwarze und gelbe Mennige gewesen, erstere mit Kupfer-, letztere mit Wismuthgehalt, und ferner zahlreiche Krystalle von Cerussit. Die Kupfervitriollösung griff diese Erze an, gräbt sich Drusen in dieselben. Die Grenze gegen das Bleierz bildet dann der Linarit, d. i. ein Kupferbleisalz, auf welchem sich dann erst der lichtgrüne Brochantit mit etwaigem Bleigehalt (Werthheim, Magnus; Analysen) abgelagert hat. Etwas jünger als dieser Brochantit ist Malachit, welcher aus überschüssiger Kohlensäure des zerstörten Cerussit entstand, am längsten in Lösung blieb und partiell den Brochantit einhüllte.

Eine ähnliche combinirte Entstehung von Linarit und Brochantit zeigen einzelne Vorkommnisse von Nassau und von Zellerfeld. Es findet hierdurch auch der Linarit als Mittelglied zwischen Cerussit und Brochantit eine natürliche Stelle im paragenetischen Systeme.

§. 2. Übersicht der chemischen Resultate.

Um eine solche Übersicht für die Gruppe des Brochantit zweckmässig discutiren zu können, ist es auch nöthig, das Mineral Langit hiebei einzubeziehen. Ich ordne im Nachfolgenden die wichtigeren Analysen (der in voriger Nummer beschriebenen

Varietäten) aufsteigend nach ihrem Kupfergehalte [1], nach Elimination der eventuell angegebenen Beimengungen.

Autor	Varietät	CuO	SO_3	H_2O
Wibel	Künstlich α	64·00	21·49	14·51
Wibel	Künstlich β	64·96	26·19	8·58
Maskelyne	Langit	65·82	16·42	18·32
Werthheim	Rezbanya	65·59 +PbO	17·54	
Magnus	Rezbanya 2.	66·9 +1·04PbO		
Berthier	Brongniartin	66·2	16·6	17·2
Field	Chili	66·94	16·59	16·47
Risse	Nassau	67·8	19·0	13·2
Forchhammer	Krisuvigit	67·75	18·88	12·81 *a*)
Field	Künstlich	67·51	16·98	15·51
Maskelyne	Warringtonit	68·24	16·7	14·64
Warrington	Warringtonit	68·27	18·93	12·22 *b*)
Kobell	Chile	68·87	19·71	11·42
Tschermak	Neu-Süd-Wales	69·1	19·4	11·5
Domeyko	Chile	70·2	16·2	13·8 *c*)
Ludwig	Rezbanya	70·44	17·4	12·81

a) +0·56 Proc. Thonerde und Eisenoxyd.
b) +0·58 Proc. unlöslich.
c) vergl. Nr. XXXVI, p. 51.

Bei keiner dieser zahlreichen Analysen wäre ein Zweifel an der Genauigkeit gerechtfertigt [2]. Dass bei der Analyse von Werthheim und Magnus wahrscheinlich der Bleigehalt dem Kupfer zuzuzählen ist, ward schon früher erwähnt. Die Möglichkeit, dass das analytische Material in manchen Fällen nicht frei vom Muttergestein (Malachit, Chrysocoll...) gewesen sei, würde auf die vorliegende Liste wohl von Einfluss sein. Die Gleichheit der Zahlen, welche theils Berthier und Field, theils Risse und Forchhammer oder Kobell und Tscher-

[1] Eine Zusammenstellung des wechselnden Kupfergehaltes im Chrysocolla von Chili gab Field, Phil. Mag. 1861, XXII, 361.

[2] Die Analyse von Rivot habe ich hier ausgelassen. Er analysirte schön grüne Brochantitkrystalle von fraglichem Fundorte, die aber mit Malachit verwachsen waren; er fand: ($CuO = 57·9$, $SO_3 = 19·4$, $H_2O = 13·5$)+($CuO = 5·0$, $CO_2 = 1·2$, $H_2O = 1·2$) = 98·2.

mak erhalten haben, zwingt aber, eine gewisse Variation der Substanz zuzugestehen. Die Genauigkeit dieser Analysen tritt umsomehr hervor, wenn man die Differenzen der beobachteten Zahlen gegen Zahlen aus möglichst einfachen Formeln gerechnet aufsucht.

Eine solche Zusammenstellung folgt im Nachstehenden, und zwar ist dieselbe geordnet absteigend nach dem Wassergehalte der Substanz.

I	$8CuO$	$2SO_3$	$10H_2O$
Rechnung =	65·14	16·40	18·46
Rechn. — Beob. | Maskelyne Langit	*—0·68*	*—0·02*	*—0·14*

II	$8CuO$	$2SO_3$	$9H_2O$
Rechn. =	66·36	16·70	16·84
Rechn. — Beob. | Berthier Mexiko =	*+0·16*	*+0·10*	*—0·36*
Field Chile =	*—0·58*	*+0·11*	*+0·37*

III	$8CuO$	$2SO_3$	$8H_2O$
Rechn. =	67·63	17·04	15·33
Rechn. — Beob. | Maskelyne Warringtonit =	*—0·61*	*+0·34*	*+0·69*
Field Künstlich =	*+0·12*	*+0·06*	*—0·18*

IV	$6CuO$	$2SO_3$	$6H_2O$
(Wibel Künstlich, Krystall)	64·0	21·49	14·51

V	$8CuO$	$2SO_3$	$7H_2O$
Rechn. =	68·95	17·37	13·68
Rechn. — Beob. | Werthheim Rezbanya = (65·59 + ? PbO)		*—0·17*	
Magnus Rezbanya [1] = (66·9 + 1·0 PbO)			
Domeyko Chile =	*—1·25*	*+1·17*	*+0·12*

VI	$7CuO$	$2SO_3$	$6H_2O$
Rechn. =	67·47	19·42	13·11
Rechn. — Beob. | Risse Nassau =	*—0·33*	*+0·42*	*—0·09*
Forchhammer Krisuvigit [2] =	*—0·28*	*+0·54*	*+0·30*

[1] Rammelsberg (l. c.) rechnet aus den beiden Analysen *a*, *b* von Magnus nach Elimination aller Beimengungen die Procentantheile:

a) CuO 68·34, SO_3 18·69, H_2O 12·97
b) CuO 69·52, SO_3 18·10, H_2O 12·38

[2] Ich habe 0·5 Proc. Ganggestein (vergl. früher) direct weggelassen. Die Differenzen werden nur unbedeutend geändert.

VII		$6CuO$	$2SO_3$	$5H_2O$
	Roucher Verwittert:	65·59	22·02	12·39
VIII		$7CuO$	$2SO_3$	$5H_2O$
	Rechn. =	68·9	19·85	11·16
Rechn. − Beob.	Kobell Chili =	*+0·40*	*+0·14*	*−0·26*
	Tschermak N.-S.-Wales =	*−0·20*	*+0·45*	*−0·34*
IX		$8CuO$	$2SO_3$	$6H_2O$
	Rechn. =	70·33	17·71	11·69
Rechn. − Beob.	Ludwig Rezbanya *d* =	*−0·11*	*+0·31*	*−0·05*
	Roucher Künstl. kalt	?	?	?
X		$6CuO$	$2SO_3$	$4H_2O$
	(Roucher Künstl. heiss)	67·25	22·58	10·17
XI		$5CuO$	$2SO_3$	$3H_2O$
	(Wibel Künstl. nicht krystallisirt)	64·96	26·19	8·85

Nach diesen Analysen wären 11 verschiedene Substanzen in der Gruppe der basischen schwefelsauren Kupferoxydsalze zu unterscheiden. Die Übereinstimmung zwischen empyrischer Formel und Beobachtung ist aber in der Mehrzahl der Fälle von geringer Bedeutung. Nur die alte empyrische Schreibweise erlaubt alle möglichen Combinationen von CuO, SO_3, H_2O in Rechnung zu bringen. Nach den neuesten Untersuchungen von Herrn Prof. Ludwig (l. c.) ist aber Kupfer vierwerthig. Seine Analyse von vollkommen reinem krystallisirten Brochantit (IV. Typus, p. 68) gab ihm die Formel [1] (l. c.):

$$(HO)_2Cu - Cu(HO)_2$$
$$(HO)_2Cu - CuSO_4$$

Ebenso hat auch Maskelyne (Phil. Mag. 1865) den Langit als

$$3Cu'H_2O_2 + CuSO_4 + 2H_2O,$$

den Warringtonit als

[1] Die analoge Formel $3CuOHO_2 + CuOSO_2$ hat auch Rammelsberg (Mineral. Chem. 1862, p. 268) für Brochantit aufgestellt, allein wohl nur aus theoretischen Gründen. Die damals benützbaren Analysen stimmten genauer mit $7CuO, 2SO_3, 6H_2O$.

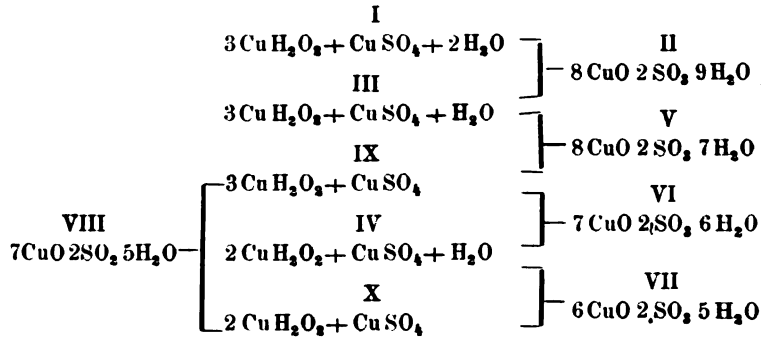
$$3\,Cu'\,H_2O_2 + Cu\,SO_4 + H_2O$$

betrachtet.

Diesen Forschungen zufolge können daher nur einige der unter I.—XI. aufgeführten Substanzen als einfache Verbindungen betrachtet werden.

Zwei Fälle sind möglich: *a)* einige der analysirten Mineralien hatten bereits eine theilweise Zersetzung und Umwandlung erlitten; *b)* die analysirten Körper waren Gemische aus zwei Hauptgliedern der Reihe.

Die Mehrzahl der obigen Analysen lässt sich nach dem Principe der Mischungen berechnen, wenn man von fünf Hauptformeln (I., III., IX., IV., X.) ausgeht.



Jedem der hier notirten Fälle I.—X. entspricht (vergl. oben) eine wirklich gemachte Analyse [1]. Die mittleren Glieder dieser drei Columnen sind bisher immer als Substanzen der Brochantitgruppe zusammengefasst worden. Eine vollständige Trennung derselben ist auch jetzt nicht möglich. Nur nach der morphologischen Ausbildung lassen sich einzelne Typen hervorheben. Ich unterschied vier verschiedene Formen der Ausbildung. Dieselben sind homöomorph; eine absolute Übereinstimmung der Winkel ist nicht erwiesen. Es umfasst

---

[1] Die Formeln IV, X entsprechen den Angaben von Wibel und Roucher. Ihre theoretische Bedeutung zu prüfen überlasse ich competenteren Federn.

Typus I: Var. *a* und *b* von Rezbanya; triclin; vollkommen krystallographisch, unvollständig chemisch bestimmt; $CuO = 65{\cdot}59$, $PbO = ?$ $SO_3 = 17{\cdot}54$.

Typus II: Warringtonit; $3\,CuH_2O_2 + CuSO_4 + H_2O$; monoclin?

Typus III; Brochantit; Nischne-Tagilsk; nicht analysirt; monoclin—triclin.

Typus IV: Königin und Varietät *d* von Rezbanya; $3\,CuH_2O_2 + CuSO_4$; monoclin? prismatisch?

Diese Zusammenstellung zeigt, dass viele Punkte noch fraglich und mit dem bisher vorhandenen mineralogischen Materiale nicht beantwortbar sind. Die Erzeugung und Untersuchung künstlicher Brochantite liefert vielleicht einst die Antwort auf die unerledigten Fragen.

Meine Untersuchungen wurden ermöglicht durch die Liberalität, mit welcher mir die kritische Durchforschung diverser Sammlungen gestattet ward. In dieser Hinsicht spreche ich meinen Dank aus den Herren: Dir. Tschermak, Frh. v. Schröckinger, Prof. Reuss und K. Eggerth in Wien, ferner den Herren Dr. Fauser und Prof. Szabo in Pest.

XLI. Werthbestimmung einzelner Messungen.

Durch Kupffer's Preisschrift 1825 und durch dessen Handbuch der rechnenden Krystallographie, Petersb. 1831, ward die praktische Verwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung in der Krystallographie eingebürgert. Die bekannten [1] bisher benütz-

[1] Bezeichnet man mit A, a, α die gemessenen Winkel, mit F, f, φ deren Fehler, mit P, p, π deren gerechnete Gewichte, mit N, n, ν die Anzahl der einzelnen Werthe, so wird gewöhnlich gesetzt:

I $a = \frac{a_1 + a_2 \cdots}{\nu}$ (II) $\varphi_x = a_x - a$ (III) $f = \varphi^2_1 + \varphi^2_2 \cdots$ (IV) $p = \frac{\nu^2}{2f}$

V, $A = \frac{p_1 a_1 + p_2 a_2 \cdots}{p_1 + p_2 \cdots}$ (VI) $P = \frac{n(p_1 + p_2 \cdots)}{2(p_1(a_1 - A)^2 + \ldots)}$ (VII) $F = \frac{0{\cdot}476}{V\bar{P}}$

Bedeutet H die Präcision, so ist $H = \frac{0{\cdot}476}{F}$, wobei bekanntlich für die Präcision $H_0 = 1$ der mittlere Fehler $0{\cdot}476\,9363$ ist.

ten Fehlergleichungen geben aber nur dann richtige Resultate, wenn zwei Bedingungen erfüllt sind: *a)* die Präcision der verschiedenen combinirten Beobachtungsreihen ist gleich; *b)* bei ungleicher Präcision ist die Zahl der einzelnen Beobachtungen proportional der relativen Präcision.

Bei der Anwendung der Fehlergleichungen (I—VII, Note) sind bisher diese zwei Bedingungen selten beachtet worden. Ich finde nur bei Kupffer selbst eine diesbezügliche Notiz: Er sagt (Handb. 1831, p. 553—554): „Die Genauigkeit, welche man durch Vervielfältigung der Messungen bei demselben Winkel erhalten kann, ist ohne Grenzen; während man sich hingegen auf das Mittel aus mehreren gemessenen Winkeln derselben Art, an demselben oder an mehreren Krystallen nur dann verlassen kann, wenn die wahren Werthe der Winkel nur wenig von einander abweichen, oder wenn der Krystall von der Natur so gebaut ist, dass die Winkel derselben Art, die der Theorie nach gleich sein sollten, einander wirklich sehr nahe gleich sind."

Einzelne Krystallographen suchten die Frage nach dem Werthe der Beobachtungen auf praktischem Wege zu lösen. Sie wählten statt der aus Differenzen (IV, Note) gerechneten Gewichte p erfahrungsmässig bestimmte Gewichte. Dauber war meines Wissens nach der Erste, welcher (Pogg. Ann. 107, p. 272) die Gewichte 1, 2, 3 benützte. Er fügt bei: „Alles kommt hierbei freilich auf die der Undeutlichkeit des Bildes zu gestattende Grenze an, über welche in jedem Falle Erfahrung und Überlegung entscheiden müssen."

Im Allgemeinen bin ich mit obiger Annahme empyrischer Gewichte einverstanden. Sie genügen und machen das Resultat etwas genauer. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung strenge durchgeführt gibt aber ein von ihnen weit abweichendes Resultat und zeigt, dass durch die Gewichte 1, 2, 3 die schlechten Beobachtungen noch immer unverhältnissmässig begünstigt werden.

Der Werth der Messungen hängt vom Beobachter und dem zu beobachtenden Gegenstande ab. Die Fehler des ersteren sind von den Fehlern zu unterscheiden, welche die Natur des zweiten unvermeidlich macht. Erstere sind allgemein als Beobachtungsfehler bekannt ($\varphi f F$ in I—VII, Note) und ihre Gewichte

($\pi\, p\, P$) werden aus Differenzen von Beobachtung und Rechnung bestimmt. Die zweite Art von Fehlern tragen bisher keinen charakteristischen Namen. Auf dem Gebiete der Morphologie können sie nur ihren Grund in der soi-disant mangelhaften, das heisst, in der für uns nicht genau enträthselbaren Ausbildung der Flächen haben. Ich nenne sie deshalb Ausbildungsfehler, bezeichne sie mit $\Delta\delta$ und die ihnen direct entsprechenden Gewichte mit Gg (vergl. nachfolgende Seite).

Zu Kupffer's Zeit, wo oft Spiegel und Schornstein die Marken für die Ablesungen waren, sind die Differenzen der einzelnen Beobachtungen selbst Eines Winkels einer Kante gross gewesen. Eine Trennung der Beobachtungsfehler von den Ausbildungsfehlern war daher nicht möglich. Für solche Messungen kann mit vollem Rechte das Mass der Präcision $h_1 = h_2$ gesetzt werden. Dann genügen auch die obigen Formeln I—VII, Note.

Der grosse Fortschritt der Beobachtungsinstrumente nimmt jedoch Einfluss auf die „theoretische" Werthbestimmung. Die nach Analogie der Örtling'schen Reflexionsgoniometer gebauten Instrumente liefern eine Genauigkeit, die auch im Mass der Präcision ihren Ausdruck finden muss.

Mit diesen Instrumenten gelingt es, durch mehrfache Repetitionen an einer Kante die Beobachtungsfehler fast vollkommen zu eliminiren. Sie verschwinden dann, wenn der Beobachter absichtlich auf die schätzbare Mitte des Reflexes, einstellt. Dass der Beobachter auf Minimum und Maximum des Reflexes (alternativ) einstellt, geschieht selten [1].

---

[1] Stellt der Beobachter bei verschwommenem Reflex immer auf die scheinbare (durch Übung leicht und fast absolut genau schätzbare) Mitte des Reflexes ein, so ist sein Beobachtungsfehler geringer, als er nach der Natur der Flächen sein sollte. Deshalb wird das gerechnete Gewicht (IV)p zu gross und diese Gleichung „theoretisch" unanwendbar, wenn auch das Gesammtresultat nur um Secunden differiren sollte.

Die Gleichung IV wird nur dann theoretisch und praktisch anwendbar; wenn die Beobachtungsfehler mit den Ausbildungsfehlern gleichwerthig sind. Dies erfordert, dass der Beobachter alternativ auf Maximum und Minimum des Reflexes einstellt. In einem solchen Falle befolgt er unbewusst die auf den nachfolgenden Seiten entwickelten Gesetze zur Berücksichtigung von „Ausbildungsfehlern".

In der Mehrzahl aller Fälle werden die Ablesungen gleichmässig auf die scheinbare Mitte des Reflexes bezogen. Mehrmalige Ablesungen genügen alsdann, um den Winkel (aus den einzelnen Ablesungen gerechnet nach I, Note) von wahren Beobachtungsfehlern möglichst frei zu erhalten. Es wird mit grosser Wahrscheinlichkeit (vergl. III, Note) die Limite von $f=0$ sein.

Dieses Verfahren eliminirt wohl die Beobachtungsfehler, allein die Ausbildungsfehler bleiben unberücksichtigt. A priori ist es nicht erlaubt, das Mittel einer Suite von Beobachtungen (bei verschwommenem Reflexe) als den richtigsten Werth des Winkels anzunehmen. Die Mitte (vergl. oben) des verschwommenen Reflexes (dieses ist ein äquivalenter Ausdruck für das arithmetische Mittel der Messungen) ist nicht immer die wahre Stelle des Reflexbildes. Bei scharfer Beleuchtung löst sich fast jeder verschwommene Reflex in einer Combination mehrerer Reflexe auf. Im einfachsten Falle sei die Trennung des diffusen Reflexes (Holzschnitt 1) in zwei getrennte Reflexe (Holzschnitt 2)

1. 2.

gelungen. Da ist nur eine Einstellung auf das Fadenkreuz y oder z richtig. Die Einstellung auf die Mitte (Holzschnitt 1) $\frac{y+z}{2}$ gibt auch bei unzähligen Repetitionen ein unwahres Resultat.

Ein solcher im Reflexe erkennbare Ausbildungsfehler ist aber gleichbedeutend mit einer Variation des Beobachtungsinstrumentes. Ist die anguläre Dimension des Fadenkreuzes im Holzschnitt 2 je 1′, während der diffuse Reflex (Holzschnitt 1) 10′ breit ist, so ist dies gleichbedeutend mit den Annahmen, dass die Ablesungen des ersten Falles mit einem auf 1′ getheilten, die des zweiten Falles mit einem nur auf 10′ getheilten Kreise gemacht seien. Es sind verschiedene Grade der Präcision vorhanden. Dies erfordert, dass: „die Summen der Quadrate aller Producte aus Fehler und Mass der Präcision“ zum Minimum

gemacht werde. Die Summe der Fehlerquadrate allein genügt nicht.

Die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten der Fehler Δ_1, Δ_2 ist unabhängig von der Beobachtung, eine Folge der Präcision h; es ist

$$e^{-h^2_1\Delta^2_1} = e^{-h^2_2\Delta^2_2}.$$

Hieraus folgt [1]

$$h_1^2 : h_2^2 = g_1 : g_2 = \frac{0{\cdot}476}{\Delta_1^2} : \frac{0{\cdot}476}{\Delta_2^2}. \qquad \text{VIII.}$$

Hier sind g_1, g_2 die Gewichte der Beobachtung, abgeleitet aus dem Mass der Präcision.

Diese Gleichung kann durch Zahlen versinnlicht werden. Sei ein Flächenpaar vollkommen fehlerfrei messbar. Werde dieser Winkel am Reflexionsgoniometer mit Ablesung von 10″ und dann an einem auf $^1/_2{}^\circ$ getheilten Handgoniometer abgelesen. Erst 32400 Beobachtungen am Handgoniometer sind dann einer einzigen fehlerfreien Messung mittelst des Reflexionsgoniometers gleichwerthig. Dasselbe Verhältniss der Zahlen tritt ein, wenn das Beobachtungsinstrument ident wäre und ein Flächenpaar 10″ breite Reflexe, das zweite Flächenpaar hingegen 30′ breite Reflexe liefern würde. Das arithmetische Mittel einer geringeren Anzahl (als 32400) von Beobachtungen gebe vielleicht das gleiche Resultat, wäre aber theoretisch ungenauer. Da von manchen Seiten auf mehrfache Repetitionen Gewicht gelegt wird, so ist es nicht umsonst, die Gleichwerthigkeit verschieden exacter Messungen durch Zahlen zu demonstriren.

Ist durch mehrfache Messungen „mit jedesmaliger Einstellung auf die scheinbare Mitte des Reflexes“ der Beobachtungsfehler zum Minimum gemacht, so ist mit grosser Wahrscheinlichkeit die Differenz zwischen p_1, p_2, p_3... ebenfalls gering.

Nicht eliminirbar sind hingegen die Ausbildungsfehler Δ_1, Δ_2, Δ_3, welche (nach VIII.) die Gewichte g_1, g_2, g_3 den Mes-

---

[1] Es bedeutet $\frac{h_1}{H_0} = g_1$; H_0 siehe früher; H_1 H_2 entspricht dem Fehler f_1; h_1 h_2 dem Fehler Δ_1.

sungen verleihen. Δ gibt die anguläre Grenze an, innerhalb welcher ($\pm\Delta$) die Reflexbilder fallen. Mit der Verzerrung des reflectirten Fadenkreuzes an beiden zur Beobachtung dienenden Flächen wächst Δ. Bedeutet somit 2Δ die gesammte mögliche angulare Ungenauigkeit der Reflexe, so entspricht

$\pm\Delta$ =	0·5′	1′	2′	4′	6′	10′
$1000\,g$ =	1907·7452	476·9363	119·9364	29·8085	13·2482	4·7693

oder

$4g_1$ =	16	4	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{25}$.

Diese Zahlenreihe zeigt, dass eine fehlerfreie Messung grösseres Gewicht hat, als hundert mittelgute Beobachtungen. Für letztere erhebt sich ihr Gewicht durch oftmalige Repetition nur um etwas.

Soll die Wahrscheinlichkeitsrechnung vollkommen durchgeführt werden, so müssen die Gewichte g mit den Gewichten p tauglich combinirt werden.

Die durch die gewöhnliche Berechnungsmethode (IV, Note) ermittelten (Beobachtungs-) Gewichte p stimmen nur dann mit den (Ausbildungs-) Gewichten g überein, wenn der Beobachter bei schlecht ausgebildeten Krystallen bewusst und freiwillig Beobachtungsfehler macht, wenn er statt jedesmal auf die Mitte des Reflexes alternirend auf das obere oder untere Ende des Bildes markirt. Im letzteren Falle bestimmt er indirect den Ausbildungsfehler und daher das Gewicht g. Es ist dann überflüssig, neben g noch p zu rechnen. Letzteres namentlich dann, wenn wie oben gesagt, durch Repetitionen dafür gesorgt ist, dass $lim\, p_1 = p_2 = p_3$ ist.

Die übrigen Rechnungen (Gleichungen I—VII, Note) werden hierdurch nur insoweit geändert, als statt Pp in dieselben $G_1 g_1$ einzuführen ist. Bei meiner Untersuchung über Brochantit habe ich gelegentlich analoge Gewichtsbestimmungen durchgeführt.

Letztere anzuwenden, empfiehlt sich namentlich dann, wenn das Parametersystem der Species noch fraglich ist.

Fig. 4.

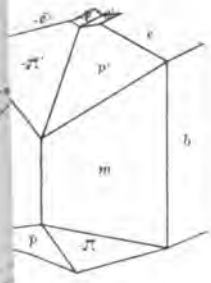


Fig. 5.

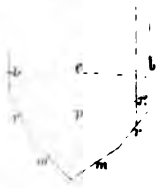


Fig. 6.

Fig. 8

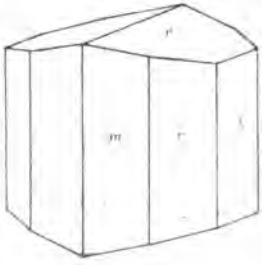


Fig. 9.

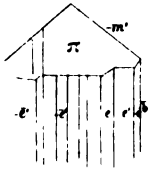


Fig. 13.

Fig. 14.

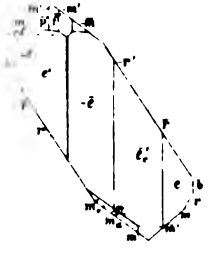


Fig. 16.

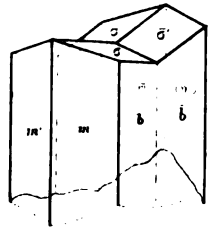


Fig. 17.

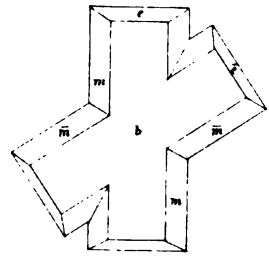


Fig. 18.

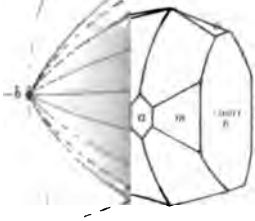


Fig. 19.

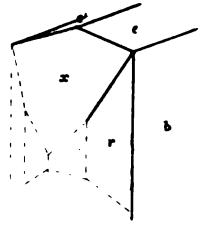


Fig. 21.

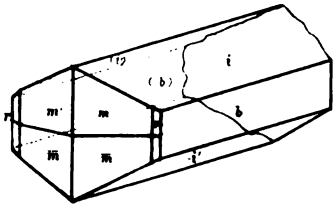


Fig. 25.

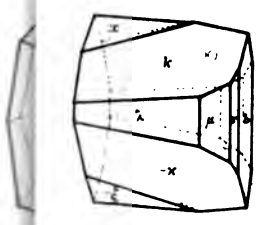
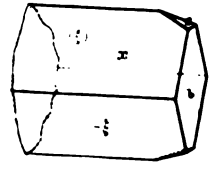


Fig. 28.



INHALT.

Seite

XXXII. Allgemeine Charakteristik der Mineralien aus der Gruppe des Brochantit 275

XXXIII. Das Krystallsystem des Brochantit I. Typus. Schwarzgrüne Varietät *a* von Rezbanya 287

XXXIV. Brochantit I. Typus. Fortsetzung. Lichtgrüne Varietät *b* von Rezbanya. Resumé der Verhältnisse des I. Typus . 304

XXXV. Brochantit von Russland und Cornwall. Typus I 315

XXXVI. Anhang zu Brochantit Typus I: Unvollkommen bestimmte Mineralien diverser Fundorte: Nassau, Island, Mexiko, Chile, Arizona, Siränowsk, Saszka, Neu-Südwales, Cumberland, Zellerfeld — und künstlich erzeugte Substanzen 321

XXXVII. Brochantite II. Typus: Warringtonit, Varietät *c* von Rezbanya und vom Banat 331

XXXVIII. Brochantit III. Typus von Nischne-Tagilsk 336

XXXIX. Brochantit IV. Typus: Königin und die Varietät *d* von Rezbanya 339

XL. Vergleichender Rückblick auf die paragenetischen und chemischen Verhältnisse der Mineralien aus der Gruppe des Brochantit 347

XLI. Werthbestimmung einzelner Messungen 355

XI. SITZUNG VOM 17. APRIL 1873.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die Abhängigkeit der täglichen Variation des Barometerstandes von der Rotation der Sonne", vom Herrn Director Dr. K. Hornstein in Prag.

„Über ein allgemeines Theorem zur Berechnung der Wirkung magnetisirender Spiralen", vom Herrn Prof. Dr. A. v. Waltenhofen in Prag.

„Über die Bessel'schen Functionen erster Art", vom Herrn Prof. L. Gegenbauer in Krems.

„Zur Frage über die Entstehung der Arten", vom Herrn F. Chlebik in Jaroslau.

Herr Dr. Karl Heitzmann legt eine Abhandlung: „Uber den Bau des Protoplasmas" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei: Atti. Anno XXVI, Sess. 2da. Roma, 1873; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. December 1872. Berlin, 1873; 8°.

American Chemist. A. Monthly Journal of Theoretical, Analytical, and Technical Chemistry. Vol. III, Nr. 4. New York, 1872; 4°.

Annalen der Sternwarte in Leiden, herausgegeben von F. Kaiser. III. Band. Haag, 1872; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 11. Jahrgang, Nr. 11. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1931—1932. (Bd. 81. 11—12.) Altona, 1873; 4°.

Bierens de Haan, D., Notice sur Meindert Semeijns. Rome, 1873; 4°.

Commission Météorologique de Lyon: Résumé des observations météorologiques faites à l'Observatoire de Lyon. 1870, 27e Année. Lyon; gr. 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 12—14. Paris, 1873; 4°.

Czyrniański, Emil, Chemische Theorie, auf der rotirenden Bewegung der Atome basirt. (Vierte vermehrte Auflage.) Krakau, 1873; 8°.

Gesellschaft der Wissenschaften, Oberlausitzische: Neues Lausitzisches Magazin. XLIX. Band, 2. Hälfte. Görlitz, 1872; 8°.

— geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVI (neuer Folge VI), Nr. 2. Wien, 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 14—15. Wien, 1873; 4°.

Isis: Sitzungsberichte. Jahrgang 1872, Nr. 10—12. Dresden, 1873; 8°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo II°, Serie IV^a, Disp. 3^a & 4^a. Venezia, 1872—73; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 7. Graz, 1873; 4°.

Lotos. XXIII. Jahrgang. Jänner—März 1873. Prag; 8°.

Mittheilungen des k. k. technischen und administrativen Militär-Comité. Jahrgang 1873, 2. Heft. Wien; 8°.

Moniteur scientifique du Docteur Quesneville. 17e Année, 3e Série, Tome III. 376e Livraison. Paris, 1873; 4°.

Müller, Friedrich, Allgemeine Ethnographie. Wien, 1873; 8°.

Nature. Nrs. 179—180. Vol. VII. London, 1873; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 5. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire", et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIe Année, 2e Série, Nrs. 40—41. Paris, 1872; 4°.

Società de Spettroscopisti Italiani: Memorie. Vol. I. Anno 1872 Vol. II. Anno 1873, Disp. 1^a. Palermo; 4°.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou: Bulletin. Année 1872. Nr. 4. Moscou, 1873; 8°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XIXe 1872. Comptes rendus des séances 3. Paris; 8°.

Society, The Royal Geographical, of London: Proceedings. Vol. XVI, Nr. 5; Vol. XVII, Nr. 1. London, 1872 & 1873; 8°.

Verein für Landeskunde von Niederösterreich: Blätter. VI. Jahrgang. 1872, Nr. 1—12. 8°. — Topographie von Niederösterreich. IV. Heft. Wien, 1872; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 14—15. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 4. Heft. Wien, 1873; 4°.

XII. SITZUNG VOM 24. APRIL 1873.

Der Präsident gedenkt in einer Ansprache des am 18. April erfolgten Ablebens des ausländischen Ehrenmitgliedes der Classe, des Herrn Dr. Justus Freiherrn von Liebig.

Sämmtliche Anwesende geben ihr Beileid durch Erheben von den Sitzen kund.

Herr Dr. J. Barrande dankt mit Schreiben vom 20. April für die ihm zur Fortsetzung seines Werkes: „Système silurien du centre de la Bohême" neuerdings bewilligte Subvention von 1500 fl.

Herr Prof. Dr. Jul. Wiesner übersendet eine Abhandlung: „Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung des *Penicillium glaucum*".

Herr Hofrath Dr. E. Ritter v. Brücke überreicht eine von dem stud. med. Herrn Julius Mauthner in seinem physiologischen Institute ausgeführte Arbeit, betitelt: „Über den mütterlichen Kreislauf in der Kaninchenplacenta mit Rücksicht auf die in der Menschenplacenta bis jetzt vorgefundenen anatomischen Verhältnisse".

Das c. M. Herr Dr. Julius Hann legt eine Abhandlung: „Über die Wärmeabnahme in der Höhe im asiatischen Monsumgebiete" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Abich, A., Materialien zur Zusammenstellung einer Klimatologie des Kaukasus. III. Abthlg. I. Band, 1. Lieferung. Tiflis, 1871; gr. 8°. (Russisch.)

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei: Atti. Anno XXVI, Sess. III^a. Roma, 1873; 4°.

Annalen der Chemie & Pharmacie von Wöhler, Liebig, Kopp, Erlenmeyer und Volhard. N. R. Band XC, Heft 3. Leipzig & Heidelberg, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt.) 11. Jahrgang, Nr. 12. Wien, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 14. Paris, 1873; 4°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 7—8. Wien, 1873; 4°.

— physikal.-medicin., in Würzburg: Verhandlungen. N. F. III. Band, 4. (Schluss-)Heft. Würzburg, 1872; 8°.

— neurussische, der Naturforscher zu Odessa: Memoiren. I. Band, 2. & 3. Lieferung. Odessa, 1872 & 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 16. Wien, 1873; 4°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXIX, Heft 2. Speyer, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 8. Graz, 1873; 4°.

Maschek, Luigi, Manuale del regno di Dalmazia per l'anno 1872 & 1873. Zara, 1872 & 1873; 8°.

Moritz, A., Alphabetischer Index der vorzüglichsten Städte und Ansiedlungen auf den Kaukasischen Karten. Tiflis, 1871; gr. 8° (Russisch.) — Schemacha und seine Erdbeben. Tiflis, 1872; 8°.

Nature. Nr. 181, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VIII. Nr. 1. Torino, 1873; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 6. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIe Année, 2e Série, Nr. 42. Paris, 1873; 4°.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette Médicale d'Orient. XVIe Année, Nr. 12. Constantinople, 1873; 4°.

Tommasi, D., Sur une combinaison de l'urée avec l'acétyle chloré. Paris, 1873; 4°.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftl. Veterinärkunde. XXXIX. Band, 1. Heft. Wien, 1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 16. Wien, 1873; 4°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

ERSTE ABTHEILUNG.

5.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Geologie und Paläontologie.

XIII. SITZUNG VOM 8. MAI 1873.

Die Direction der Sternwarte zu Leiden dankt, mit Schreiben vom 25. April, für die Betheilung dieser Anstalt mit den Sitzungsberichten der Classe.

Herr A. Balawelder zu Ostrau übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Principien einer dynamischen Theorie der physikalischen Naturerscheinungen auf Grundlage eines mathematischen Punktes."

Herr J. Stastný, Photograph in Iglau, übermittelt eine Notiz über ein lenkbares Luftschiff.

Herr Dr. George Thin aus Schottland legt eine Abhandlung: „Untersuchungen über den Bau der Tastkörperchen" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, K., zu Amsterdam: Verhandelingen. Afdeeling Letterkunde. Deel VII. Amsterdam, 1872; 4°. —Verslagen en Mededeelingen. Afd. Letterkunde. II. Reeks II. Deel. 1872; Afd. Natuurkunde. II. Reeks. Deel VI. 1872. Amsterdam; 8°, — Jaarboek voor 1871. Amsterdam; 8°. — Processen-Verbaal. 1871--72. 8°. — *P. Esseiva, Ad juvenem satira. Amstelodami, 1872; 8°.*

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 13. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1933--1935. (Bd. 81. 13—15.) Altona, 1873; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 15—16. Paris, 1873; 4°.

Genootschap, Bataviaasch, van Kunsten en Wetenschappen: Verhandelingen. Deel XXXVI. Batavia, 1872; 4°. — Tijdschrift voor Indische taal-, land- en volkenkunde. Deel XVIII (Zesde Serie. Deel I.) Aflev. 5—6. Batavia & 's Hage, 1872; 8°. — Notulen. Deel X. 1872, Nr. 1—3. Batavia; 8°.

Gesellschaft, böhmische chemische: Berichte. III. Lieferung. Prag, 1873; 8°. (Böhmisch.)

— der Wissenschaften, k., zu Göttingen: Abhandlungen. XVII. Band. Vom Jahre 1872. Göttingen; 4°. — Gelehrte Anzeigen. 1872. I & II. Band. Göttingen; 8°. — Nachrichten aus dem Jahre 1872. Göttingen; 8°.

— — Königl. Sächsische, zu Leipzig: Abhandlungen der mathem.-physischen Classe. X. Band, Nr. 3—5. Leipzig, 1872; 4°. — Berichte der mathem.-phys. Classe. 1871. IV—VII; 1872. I. & II. Leipzig; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 9. Wien, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang. Nr. 17—18. Wien, 1873; 4°.

Instituut, Koninkl., voor de taal-, land- en volkenkunde van Nederlandsch Indië: Bijdragen. III. Volgreeks. VII. deel, 1ste—2de Stuk. 's Gravenhage, 1872—1873; 8°.

Istituto, R., Lombardo di Scienze e Lettere: Memorie. Classe di Lettere e Scienze morali e politiche. Vol. XII. (III. della serie III.) Fasc. III; Classe di Scienze matematiche e naturali. Vol. XII (III. della serie III.) Fasc. V. Milano, 1872; 4°. — Rendiconti. Vol. V., Fasc. VIII — XVI. Milano, 1872; 8°.

Jahrbücher der k. k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus von Carl Jelinek und Carl Fritsch. Neue Folge. VII. Band. Jahrgang 1870. Wien, 1873; 4°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VII, 2. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 9. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 7. Wien; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 19. Band, 1873. Heft IV. Gotha; 4°.

Nature. Nr. 182, Vol. VII; Nr. 183, Vol. VIII. London, 1873; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIe Année, 2e Série, Nrs. 43—44. Paris, 1873; 4°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. 1873, Disp. 2ª. Palermo; 4°.

Society, The Asiatic, of Bengal: Journal. Part II, Nr. 2. 1872. Calcutta; 8°. — Proceedings. 1872, Nrs. VI—VIII. Calcutta; 8°.

— The Royal, of Edinburgh: Transactions. Vol. XXVI., Part IV. For the Session 1871—72. 4°. — Proceedings. Session 1871—72. Vol. VII, Nr. 84. 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 17—18. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. Redigirt von C. G. Giebel. Neue Folge. 1872. Band V & VI. Berlin, 1872; 8°.

XIV. SITZUNG VOM 15. MAI 1873.

Herr Dr. Gustav C. Laube in Prag übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Geologische Beobachtungen, gesammelt während der Reise auf der „Hansa“ und gelegentlich des Aufenthaltes in Südgrönland.“

Herr Dr. A. Boué legt zwei Abhandlungen vor, und zwar: 1. „Über die von ihren Lagerstätten entfernten und in anderen Formationen gefundenen Petrefacten“, und 2. „Über die dolomitische Brekzie der Alpen und besonders über die zu Gainfahrn in Nieder-Österreich“.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Royale des Sciences de Copenhague: Skrifter. 5 Raekke, historisk og philos. Afd., IV. Bd. VII. Kjøbenhavn, 1872; 4°. 5 Raekke, naturvidensk. og mathem. Afd., IX. Bd. 6 & 7. Kjøbenhavn, 1871 & 1872; 4°. — Oversigt. 1871, Nr. 3; 1872. Nr. 1. Kjøbenhavn; 8°.

American Academy of Arts & Sciences: Memoir of Sir Benjamin Thompson, Count Rumford, with Notices of his Daughter. By George E. Ellis. Philadelphia; 8°.

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt.) 11. Jahrg., Nr. 14. Wien, 1873; 8°.

Beobachtungen, Schweizer. Meteorologische. 1871 (Schluss), nebst März & April 1872. Zürich; 4°.

Comitato, R., geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1873, Nr. 3 e 4. Firenze; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 17. Paris, 1873; 4°.

Essex Institute: The American Naturalist. Vol. I, Nrs. 1—12. March 1867 — February 1868; Vol. V, Nrs. 2—12. April—December 1871; Vol. VI, Nrs. 1—11. January to November 1872. Salem; 8°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVI (neuer Folge VI.), Nr. 3. Wien, 1873; 8°.

— der Wissenschaften, k. böhm.: Sitzungsberichte. 1873, Nr. 2. Prag; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang. Nr. 19. Wien, 1873; 4°.

Halle, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1872. 4°, 8° & Folio.

Jahresbericht der Commission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel für das Jahr 1871. Im Auftrage des K. Preuss. Ministeriums für die landwirthschaftlichen Angelegenheiten herausgegeben von H. A. Meyer, K. Möbius, G. Karsten und V. Hensen. I. Jahrgang: Die Expedition zur physikalisch-chemischen und biologischen Untersuchung der Ostsee im Sommer 1871 auf S. M. Avisodampfer Pommerania nebst physikalischen Beobachtungen an den Stationen der preussischen Ostseeküste. Berlin, 1873; Folio.

Kasan, Universität: Bulletin et Mémoires. 1871. V & VI; 1872. V & VI. Kasan; 8°. — Gelehrte Abhandlungen. 1872. Kasan; 8°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 8. Wien; 8°.

Moniteur scientifique du D^teur^ Quesneville. 3e Série, Tome III. 377e Livraison. Paris, 1873; 4°.

Museum des Königreiches Böhmen: Časopis Musea kr. Č. 1871. XLV. ročnik, sv. 4; 1872. XLVI. roč., sv. 1—4; 1873. XLVII. roč., sv. 1. V Praze; 8°. — Sborník vědecký m. kr. Č. IV—V. V Praze, 1872 & 1873; 8°. — Živa. Sbornik ved. m. kr. Č. I—X. V Praze, 1869—1872; 8°. — Památky. Nové řady roč. I, seš. 4; nové řady roč. II, seš. 1—4. V Praze 1872—1873; 4°. — Tomek, V. V, Dějepis města Prahy. Opravy a doplňky k dílu I. W Praze, 1872; 8°. — Vortrag des Geschäftsleiters in der Generalversammlung des Museums d. K. B. am 21. Mai 1872. Prag, 1872; 8°.

— Francisco-Carolinum, in Linz: XXXI. Bericht. Linz, 1873; 8°. — Urkundenbuch des Landes ob der Enns. VI. Band.

Wien, 1872; 8°. — Das oberösterr. Museum Francisco-Carolinum in Linz. Linz, 1873; 8°.

Nature. Nr. 184, Vol. VIII. London, 1873; 4°.

Onderzoekingen gedaan in het physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool. III. Reeks. II. Aflev. I. Utrecht, 1873; 8°.

Peabody Academy of Science: Memoirs. Vol. I, Nrs. 1—2. Salem, Mass., 1871—1872; 4°. — IVth Annual Report for the Year 1871. Salem, 1872; 8°. — Record of American Entomology for the Year 1870. Edited by A. S. Packard. Salem, 1871; 8°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. Von Ph. Carl. IX. Band, 1. Heft. München, 1873; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger. IIe Année, 2e Série, Nr. 45. Paris, 1873; 4°.

Society, The Chemical, of London: Journal. Ser. 2. Vol. X. November & December, 1872; Ser 2. Vol. XI. January, 1873. London; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 19. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 5. Heft. Wien, 1873; 4°.

Über die aus ihren Lagerstätten entfernten und in anderen Formationen gefundenen Petrefacten.

Von dem w. M. Dr. **A. Boué.**

Bekannterweise gibt es manche Petrefacten in den Erdschichten, welche nicht auf ihren gewöhnlichen Lagerstätten sich befinden und durch verschiedene geologische Ursachen in ihnen fremden Gebilden ein zweitesmal begraben wurden. Diese Versteinerungen sind da einzeln oder in Rollsteinen vorhanden. Wenn eine besondere Art der Wegführung als diejenige der Gletscher oder der schwimmenden Eismassen erkannt wurde, so bleibt die häufigste Ursache für das Wegschwemmen diejenige, sowohl durch süsse als durch salzige Wässer und besonders sehr oft nach Zerstörung der felsigen Schichten, worin sich solche mineralische organische Körper befanden.

Diese ebenerwähnte Zerstückelung und Verwitterung der Felsen wird oft so augenscheinlich, dass man alle gewöhnlichen eingeschlossenen Mineralien, sowie selbst Petrefacte auf dem Erdboden findet und man glauben möchte, dass diese anstehende auf diese Weise gekennzeichnete Formation nicht tief unter dem Alluvium liegt. Solche Fälle, wenn von Kreidefelsen herrührend, wie bei Hamburg, im Holsteinischen u. s. w. erinnern an jene Horn- und Feuerstein-Anhäufungen in der Brünner Umgebung. (Siehe Dr. Melion Jahrb. geol. Reichsanst. 1850. 2. Bd. 3. Th., S. 1—5.)

Doch kann es auch vorgekommen sein, dass durch Gesteinsverwitterung einer abschüssigen Felsenreihe harte Versteinerungen herausgefallen sind, um in dem am Fusse der Klippe sich absetzenden thonigen oder kalkigen Schlamme oder Sandgries eingeschlossen zu werden. So fand Dr. Jacob im Alluvium am

Fusse von Kalksteinbergen aus jenen stammende Lithodendra. (Brit. Assoc. f. 1835. Phil. mag. 1835. 3. R. Bd. 7, S. 483.)

Auch sieht man ein, dass in dem Falle von Erd- oder Felsenrissen versteinerte organische Reste in letztere hie und da auch hereinfallen und auf diese Weise Petrefacte sehr verschiedenen Alters in nächste Nähe gebracht werden konnten. Alle diese Einsargungsarten kommen noch täglich vor, wie wir es z. B. an dem durch den Regen gebildeten Schlamm oder der vegetabilischen Erde alle Tage beobachten mögen, wo denn manche Schnecke, mancher Thierknochen in selbem eingeschlossen sein wird. Auf diese Weise bemerkte auch Herr Eug. Robert auf dem Ufer der norwegischen Inseln Porter die Felsbildung eines Gemenges jetzt lebender und fossiler Muscheln. (Vgl. Commission scientifique du Nord. Geol. Theil, S. 71.)

Diese Art von wandernden Petrefacten müssen natürlich schon früher ziemlich feste Körper bilden, was besonders für manche zweischalige Muscheln und Echinodermen, für gewisse Korallen und für die petrificirten Hölzer oft der Fall ist. Seltener ist es auch einigen Cephalopoden, wie Ammoniten, Nautilen, Orthoceratiten u. s. w. und selbst einigen verkieselten oder mit Kalkspath ausgefüllten Univalven gelungen, der Zerstörung während ihrer Wegführung zu entgehen. Alle diese Mollusken-Überreste erscheinen dann mit ihrer Schale oder als Steinkerne, oder selbst nur als Petrefacten-Abdrücke. Im Gegentheil vermisst man unter dieser Classe von Versteinerungen alle kleineren und zerbrechlichen, sowie auch alle schwachen Pflanzentheile. Was wir hier über die Petrefacten niedriger Thier-Überreste vorausschicken, passt auf die viel selteneren Überreste von Wirbelthieren, unter denen man besonders nur Knochen und am häufigsten Zähne zu beobachten Gelegenheit hat.

Dieses Gesetz hatte nur eine einzige Abweichung in der Entdeckung eines Equisetum (E. Sismondae) in einem granitischen Gneiss-Block des Valtelin geliefert, welche Pflanze Angelo Sismonda als aus einem metamorphischen Trias- oder Kohlenkalk herstammend annahm. (Mem. Ac. Sc. di Torino 1865. N. F. B. 23. p. 492—494. 1 Taf. N. Jahrb. für Min. 1866. S. 127.) Seitdem hat Studer Kohlenpflanzen-Abdrücke in Glimmerschiefern zu Manno bei Lugano gesehen. (N. Jahrb. für Min. 1871. S. 626.)

Der Stand der Erhaltung jener fremden Thierreste ist höchst verschieden, weil er zu gleicher Zeit von der Natur des Verführungsmittels sowohl, als derjenigen des aus seiner wahren Lage verrückten Fossils abhängt. Wenn im groben Kies nur die härtesten Körper unzerstört bleiben konnten, so wurde es manchmal selbst zerbrechlichen Muscheln und Schneckengehäusen möglich, durch Schwimmen auf nur trübem Wasser sich zu erhalten, wie es Dufrenoy, Deshayes und de Roys für tertiäre Petrefacten auseinandersetzten. (Bull. Soc. geol. F. 1846. N. F. B. 3, S. 419.)

Auf der andern Seite ist wohl zu bemerken, dass aus Schichten, deren Bruchstücke noch oder fast noch auf der Stelle liegen, wo sie zerstückelt und zerstört wurden, die Petrefacten sich viel leichter als weit hergeschwemmte erhalten konnten. Solche Beispiele finden wir in Holstein, bei Hamburg und überhaupt südlich des baltischen Meeres, wo die Flötzreihe sehr gelitten hat. Doch die meisten der aus ihren Lagerstätten weit entfernten Petrefacten haben sich nur durch eine felsige Hülle gegen Zerstörung geschützt, denn es sind eigentlich nur Bruchstücke von petrefactenreichen Felsgattungen. Aber anstatt auf Reisen in einem mit Kies, Sand und Schlamm beladenen Wasser, sind diese nur durch Gletscher oder Moränen weggeführt worden und treten bei ihnen ähnliche Erhaltungsmomente ein, wie wir sie eben schilderten.

Unter denjenigen Geologen, welche sich mit diesem erratischen Phänomen beschäftigten, schlossen einige aus der Vertheilung der verschiedenen Felsbruchstücke aus verschiedenen Gegenden, dass die Wasser- oder Meeresströmungen, sowie das erratische Zerstreuen durch Gletscher-Moränen oder schwimmende Eismassen, weit entfernt, immer dieselbe Richtung gefolgt zu haben, während jener Periode Änderungen in dieser Hinsicht erfuhren. So z. B. nimmt Dr. Alf. Jentzsch im Königreich Sachsen in älterer Eiszeit eine Richtung von NNW. nach SSO. an, welche viel baltische Kreide und Faxoekalk zertrümmerte, während später die gewöhnlich angenommene Nordost-Strömung auftrat. Möglich, dass Hebungen im Spiele waren. (N. Jahrb. f. Wien 1872. S. 477.)

Der bekannteste Fall solcher Fossilien findet sich in Abtheilungen grosser Diluvial-Schotter-Ablagerungen,

welche in manchen Gegenden des Erdballs mit ehemals bestandenen grossen Gletschern in Verbindung gebracht wurden. Es waren ebensowohl Moränen als geschmolzene Eisschollen-Überbleibsel, während anderswo die Wasserfluthen hervorragende Felsenparthien nach und nach zerstörten und ihre Petrefacten sammt einigen ihrer Mineral-Concretionen wie die Horn- und Feuersteine auf dem Boden liegen liessen. Diese zwei Arten der Lagerung sind ziemlich leicht unterscheidbar. Im nördlichen Central-Europa befinden sich letztere Lagerstätten oft auf höherem Niveau, als diejenige der jetzigen Gletscher- oder Eisschollen-Überbleibsel.

In manchen Becken dieses Gebildes wurden Reste fast aller secundären und paläozoischen Formationen gefunden, welcher Fall in den grossen Blöcken und Grus-Ablagerungen der Niederungen Nord-Europas von England über Holland, das nördliche Deutschland, Polen, bis nach Russland sich darstellt. So fand Graf Munster solche bei Goslar, Hildesheim und Minden an der Weser, kurz an jenem Rande eines Gebirgszuges, welcher wenigstens im Harz Schichtenfolgen aller dieser Gebilde aufgeschlossen enthält. (Jahrb. f. Min. 1832. H. 1, S. 72.) In den Jahren 1832 und 1834 veröffentlichte Klöden Ähnliches über die preussische Mark. (Jahrb. f. Min. 1832: Die Versteinerungen der Mark in Rollsteinen und Blöcken. Brandenburg 8°. 10 Taf.) Im Jahre 1836 entdeckte Cotta ein solches Gemenge zu Grossenhain (Sachsen). (N. Jahrb. f. Min., S. 33.) Im Jahre 1838 gab Quenstedt eine Abhandlung über die Kalksteine Berlins. (N. Jahrb. f. Min. S. 136—137.) Im Jahre 1720 gab Jacob A. Melle, De lapidibus figuratis agri littorisque Lubicensis commentatio etc., in 4° mit 3 Tafeln heraus. Im Jahre 1846 zählte E. Boll die Versteinerungen des Diluviums der Ostsee-Länder auf (Geognosie der deutsch. Ostsee-Länder. 2 Taf.) und später im Jahre 1852 und 1859 sprach er ausführlicher darüber (Archiv Ver. Fr. Naturgeschichte in Mecklenburg. B. 7, S. 58—91 u. B. 13, S. 160—170.) Im Jahre 1849 beschrieb Giebel diejenigen Königsberg's. (Jahresber. d. naturwiss. Ver. in Halle. 1850. S. 4.) Dann kam im Jahre 1850 die Reihe an denjenigen von Neu-Pommern und von Rügen durch v. Hagenow. (Zeitschrift deutsch. geol. Ges. B. 2, S. 261—264.) Ins Jahr 1852

fällt die Notiz von Kade über diejenigen von Meseritz im Grossherzogthum Posen. (N. Jahrb. f. Min. S. 460—463.) Im Jahre 1858 erschien die Abhandlung über die abgerollten Petrefacten Westphalens von Hr. von der Mark. (Ztsch. deutsch. geol. Ges. B. 10. H. 3.) Im Jahre 1863 gab auch G. Berendt seine Bemerkungen über das Diluvium der Mark Brandenburg heraus. (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. B. 15, S. 550—651, 640—641.) F. Roemer und Lehmann bemerken noch lebende Mollusken wie *Cardium edule* und *Buccinum reticulatum* im Diluvialschotter Bromberg's (Grossh. Posen) (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1864. B. 16, S. 611—614) und von Ducker fand dasselbe *Cardium* am Münsterberg bei Berlin (ebd. 1867. B. 19, S. 20). Goeppert sammelte einen Fucoiden führenden Quarz bei Trebnitz (ebd. 1871. B. 23, S. 782).

In Holland fanden die Geologen (Cohen, Staring, v. Breda u. s. w.) ganz ähnliche Gemenge von Fossilien verschiedenen Alters, besonders um Gröningen, wie Dr. Ferd. Roemer im Jahre 1857 auseinandersetzte. (N. Jahrb. f. Min. S. 386—392.) Diese Fundgrube Gröningens war längst bekannt, wie eine Rede von W. von Doeveren im Jahre 1770, Brugmann's *Lithologia Groningiana* vom Jahre 1780, und Dassen's Abhandlung (von Hoeven, Tijdschr. voor natuurl. Geschied. 1841. B. 8, S. 127—152 und N. Jahrb. f. M. 1843. Erg. H. S. 134) es beweisen.

In England beschrieben abgerollte Fossilien aus allen Thierclassen verschiedenen Alters im Jahre 1828 C. B. Rose im Diluvium Norfolk's (Quart. J. of. Sc. B. 28, S. 308. Zeitschr. f. Min. 1829. S. 712--713; Fer. Bull. 1831. B. 26, S. 248), im Jahre 1831 u. 1842 F. Jukes in der Nachbarschaft von Birmingham (Warwickshire) (Mag. nat. Hist. L. B. 4, S. 372 u. Proc. geol. Soc. B. 3, S. 731); im Jahre 1830 Gilberston zu Preston (Mag. nat. hist. L. 1830. B. 4, S. 170); in den Jahren 1829 und 1836 J. Phillips zu Holderness (Yorkshire) (Illustr. geol. of Yorkshire Th. 1, S. 19 u. 139) und im Jahre 1864 Maw im Thale der Severn (Quart. J. of Geol. Soc. B. 20, S. 130).

Doch waren die englischen Paläontologen mehr auf die Molluskenreste des Diluvium aufmerksam, welche zur Zeit jener Katastrophe lebten, als auf die weither gebrachten Petrefacten

aus älteren Formationen, und nur Herr Cordier leugnete das Vorhandensein von Seethier-Resten in seinem Diluvium (C. R. Ac. Sc. P. 1869.. B. 49, S. 793). Eine ziemlich grosse Anzahl von englischen und nordamerikanischen Notizen besitzen wir über letztere Paläontologie[1]; unter diesen ist die Davidsonische Abhandlung besonders merkwürdig, da er 40 Species von Brachiopoden in dem Diluvium zu Budleigh-Salterton bei Exmouth (Devonshire) gefunden hat. (Quart. J. of Geol. Sc. 1869. Quart. J. of Sc. 1870. B. 7, S. 274.)

Höchst interessant ist die eigentliche Ausbreitung jener hergebrachten Petrefacten, wenn man sie nach Formationen absondert, denn die Ueberbleibsel gewisser Gebilde prädominiren oft in gewissen Gegenden, so dass ihre Zerstreuung und Gemenge ganz und gar nicht gleichmässig überall dieselben sind.

So z. B. ist die Gegend von Gröningen sehr reich an paläozoischen, silurischen sowohl, als Kohlenkalkstein-Versteinerungen, wie sie uns besonders Dassen, Roemer und Goeppert beschrieben. Mancher solche Fund kam auch in der Mark Brandenburg und besonders in Schlesien vor. (Roemer, Fossile Fauna der silurischen Diluvial-Geschiebe bei Oels. Br. 1861. 8°. Glogauer Rollsteine, 43. Jahresber. schles. Ges. f. vaterl. Cult. 1865. S. 38. Goeppert zu Schilkowitz; ebd. 44. Jahresber. f. 1866 und 1867. S. 43. Von Dechen, Silurische Kalkgerölle bei Schebitz unfern Breslau. (Verh. naturh. Ver. Preuss.-Rheinl. 1871. B. 27, Corr. Ab. S. 69—70.)

Hie und da kommen in der norddeutschen Ebene selten Graptolithen enthaltende Rollsteine vor. (F. Heidenhein Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1869. B. 21, S. 143—182, 1 Taf.) Bronn fand Ammoniten und Goniatiten in einer Eisenhydrat-Ablagerung bei Goslar (Jahrb. f. Min. 1831. S. 369 adnotat.), aber Graf Münster sah daselbst auch andere Petrefacten aus

[1] Die Bibliographie über diesen Gegenstand umfasst zwischen 356 bis 376 Abhandlungen oder Notizen, namentlich ungefähr 50 über Meer- oder Süsswasser- und Erdmollusken Reste, im groben Alluvium oder Kies, wenigstens 6 von Meeresmuscheln im Steinblocke führendem Thon, dem Till der Engländer und Amerikaner, und zwischen 300—320 über muschelreiche Ablagerungen an Meeresküsten, welche Hebungen erfahren haben, oder wo das Meer sich gesenkt hat. Ueber die Bohrmuscheln im Serapis-Tempel zu Puzzuoli besitze ich 66 Abhandlungen.

mehreren anderen Formationen (ebd. 1832. S. 78) und Boll protozoische Muscheln in Mecklenburg (Archiv Ver. f. Naturgesch. N. Brandenburg. 1871. S. 31—46). Geinitz fand silurische Cyathophyllen bei Dresden und Halysites catenularia bei Meissen (N. Jahrb. f. Min. 1872. p. 477); Linford (With.) u. Peach (J. W.), silurische Petrefacte zu Budleigh-Salterton (Trans. Edinb. geol. Soc. 1872. B. 2. Th. 1, S. 67—72 u. 79—81).

Wenn Phillips uns abgerollte Flötz-Petrefacten mit älteren im Yorkshire aufzählt, so sind es Lias- und besonders Jura-Fossilien Englands, ein Fall, der sich in Holland, sowie in den südbaltischen Ländern fast bis über Königsberg wiederfindet. Im östlichen England sah Harry Seeley-Lias-Fossilien zu Bluntisham bei Ely (Quart. J. geol. Soc. d. 1866. B. 22, S. 471). So beschrieb im Jahre 1825 Gaffron Jura-Fossilien im Alluvium zu Schreibersdorf bei Strehlen (Schlesien). (Übers. Arb. Schles. Ges. B. f. 1825, Hertha 1826. B. 5, H. 3. Geogn. Zeitschr. S. 221, Férussac's, Bull. 1827. B. 10, S. 343); im Jahre 1834 Kloeden Ammoniten-Kalkstein mit Conularien-Kalkstein auf Rügen (N. Jahrb. f. Min. S. 322), im Jahre 1853 Hagenow Überbleibsel von unterem und oberen Jura bei Camin und Fritzow in Pommern (ebd. S. 347—348), Andree im Jahre 1860 Ähnliches aus der Umgebung von Stettin und Königsberg (Zeitschr. Geol. Ges. B. 12, S. 572—592, Taf. 13—14), sowie auch Suess (N. Jahrb. für Min. 1867. S. 342—344) u. Roemer bei Strehlen (49. Jahresb. schles. Ges. Bresl. 1831, S. 41).

Beyrich fand thonige Rollsteine der Weald-Formation im Kreutzberg bei Berlin (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1850. B. 2, S. 171). Ebray bemerkte gerollte Fossilien der obern Schichten des unteren Kreide-Eisensandes in den oberen Lagern des Albien (Bull. Soc. geol. Fr. 1857. B. 14, S. 810, adnotat. 1). Remele gab eine Notiz über die Kreidereste bei Motzen, südlich von Berlin (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1868. B. 20, S. 654 bis 656) und im Jahre 1859 J. C. Ubaghs eine über jene im Diluvium Limburgs (Beobachtung über die chemische Zersetzung der Kreide Limburgs 1859). Walker fand Gault-Concretionen in der Kreide (Q. J. geol. Soc. L. 1872. B. 28, S. 401).

Die Kreide-Petrefacten sind in jenem Alluvialtheil Europas häufiger als die jurassischen. Schon am Anfang dieses

Jahrhunderts meldete G. A. Deluc ihre Anwesenheit als Echiniden, Madreporen in dem westphalischen Alluvium. (J. de Phys. 1801. B. 52, S. 206.) Zu seiner Beschreibung der Diluvial-Rollsteine Satows bei Cröplin in Mecklenburg fügte Geinitz im Jahre 1863 die Bemerkung von ähnlichen Rollstücken des Faxöe-Kalksteines bei Löbau in Sachsen (Sitzungsber. naturwissensch. Ges. Isis zu Dresden 1863. S. 102) hinzu.

Wiechmann schrieb über Rollsteine des oberen Oligocäns im Diluvium Mecklenburgs (Arch. Ver. Fr. d. Naturg. u. Brandenburg 1871. S. 46—49) und Dechen über tertiäre Fossilien im Schotter zu Friesdorf (Niederrh. Ges f. Naturk. in Heilk. 1852).

Über die erwähnte Verbreitung jener fremden Fossilien im Diluvium ist wohl zu merken, dass in England die meisten Flötz-Petrefacten aus jenem Lande herzustammen scheinen. In der norddeutschen Niederung, südlich sowie nördlich, wurden wohl noch manche Kreide- und selbst Jura-Petrefacten von dem deutschen Boden herausgerissen, während die meisten älteren Versteinerungen einst sowohl in Skandinavien als im baltischen Russland ihre Lagerstätten hatten. Doch dieses schliesst nicht die Möglichkeit aus, dass auch einige Jura- aber vorzüglich Kreide-Rollsteine aus dem südlichen Schweden und Dänemark kamen.

In andern Theilen Europas kennt man aber nur spärliche Fälle von ähnlichen Fossilien-Gemengen.

Vinay und Moriere meldeten im Diluvium Fossilien der unteren Jura-Oolithen bei L'Herm (Bull. Soc. Geol. Fr. 1869. N. F. B. 26, S. 1080 und 1092.)

Im Drift bemerkte E. Ray Lancaster die portlandische Terebratula Rex. (Quart. J. of Sc. 1870. B. 7, S. 54.)

Im Tertiär sind auch hie und da fremde Petrefacten gefunden worden. Zimmermann fand Graptolithen im tertiären Thone Hamburg's (N. Jahrb. f. Min. 1841. S. 641—661), R. Godwin-Austen petrefactenführende Neocomien-Rollsteine im Tertiären zu Farringdon (Quart. J. geol. Soc. L. 1850. B. 6, S. 454—478.)

Leopold von Buch sah Kreide-Petrefacten im böhmischen granathaltigen Tertiär bei Tzsiblitz (Karsten's Arch. f. Min. 1838. B. 11, S. 315—318); De Verneuil Exogyren und Baculiten im tertiären Nummulitenkalk der Krim (Mem. Soc. geol. Fr.

1838. B. 3, S. 1. N. Jahrb. für Miner. 1835. S. 550); Buteux Radioliten im Diluvium und Eocän-Sand des Sommethales. (Bull. Soc. geol. Fr. 1851. B. 9, S. 81—82.) Gabriel Mortillet gibt Inoceramen und Ammoniten, kurz Kreide-Petrefacten in den sogenannten apeninnischen *Argile scaliose* an, welche wenigstens mehrere Geologen als tertiär annehmen (Atti Soc. ital. di Sc. nat. M. 1864. B. 5, S. 416—418), indem Andere diese Thone zur Pietraforte rechnen. Es wäre ein ähnlicher Fall wie bei den Karpathen- und Wiener-Sandsteinen, welche zwischen Kreide und Eocän sich vertheilen.

Renevier beschrieb Gault-Fossilien in der Schweizer-Molasse. (Verh. Schweiz. naturforsch. Ges. 1853. Kanton Ges. S. 102.) Rozet behauptet Versteinerungen enthaltende Kieselsteine des grünen Sandes im tertiären Eisenlager des Rhein-Thales gesehen zu haben. (Bull. Soc. geol. Fr. 1846. N. F. B. 4, S. 308—319.) Ch. Desmoulins sah Kieselsteine mit Maestrichter-Petrefacten im Tertiär Perigord's (ebd. 1847. 2. F. B. 4, S. 1144 bis 1156). Dr. Duncan erkannte ein *Aspidiscus cristatus* aus dem Kreide-Hippuriten-Kalksteine im Miocän der Insel Maltha. (Geol. Soc. L. 1870 23. Nov. Geol. Mag. 1871. B. 8, S. 37.) Michelotti fand zwei Trilobiten im oberen Tertiären unfern Turin. (Soc. Philom. P. 1838. L'Institut 1838, S. 177.)

Ich sah selbst bei dem Marchesen Pareto zu Genua und in der Sammlung des seligen Bertrand-Geslins *Gryphea arcuata* aus dem subapenninen tertiären Tegel. (J. de Geolog. 1830. B. 1, S. 304 oder Jahrb. f. Min. 1831. S. 235.) Auch wurde mir *Gryphea Columba* als aus dem vicentinischen Tertiär herstammend gezeigt, was Brongniart bestätigt. (Terr. de Sediment super. calc. trapp. du Vicentin 1823. S. 10.) Ob aber dieses Fossil nicht in jenen Schichten hereingeschwemmt wurde, sondern wie *Plagiostoma spinosa* und *Guettardia stellata* dem Tertiären sowie der Kreide in den Pyrenäen zugehöre (siehe Deshayes, Bull. Soc. Geol. 1844. N. F. B. 1, S. 576), kann ich nicht entscheiden.

Conrad sah abgerollte Kreide-Fossilien im amerikanischen Eocän (Am. J. of Sc. 1866. B. 43, S. 260); Dechen tertiäre Petrefacte der Umgebung von Mainz in einer Kiesgrube zu Friesdorf im Rhein-Thale (Niederrh. Ges. f. Nat. und Heilk.

1852 März. N. Jahrb. f. Min. 1852. S. 971) und Emmons Eocän-Petrefacten im Miocän (Am. J. of Sc. 1866. N. F. B. 43, S. 260). In den Faluns zu Leognam unfern Bordeaux bemerkte ich in einem Lager Fragmente einer Süsswasser-Kalkschichte mit den gewöhnlichen Petrefacten von Planorben u. s. w. Wood beschrieb die abgerollten fremden Petrefacten in dem Norfolker Crag (Phil. mag. 1858. N. F. B. 15, S. 485, Geologist. 1858. B. 1. S. 211—212) und Henslow sah darin Überbleibsel des Londoner Eocän-Thon (L'Institut 1847. S. 311). Lory bemerkte tertiäre Buccinum im Diluvial-Schotter der Lyoner Gegend (Geologie Lionnaise).

In den Flötz- und paläozoischen Formationen sind gerollte oder hergeschwemmte Fossilien einer Formation oder von einem Lager in ein anderes eine Seltenheit, weil zur Hervorbringung solcher Fälle eine Anzahl von den günstigsten Umständen nothwendig sein mussten. Ausserdem waren in jenen Perioden die geologischen dynamischen Zerstörungen und Verschwemmungen viel grösser als in den spätern Kreide- und Tertiär-Zeiten. Darum findet man noch in der untern Kreide gewisser Felsarten Gemenge, welche möglichst Spuren solcher Katastrophen sind. Gibt es aber wirklich in älteren Gebilden als Tertiär abgerollte Petrefacten, so sind sie so zugerichtet und mit der sie umschliessenden Felsmasse so verschmolzen, dass man sie kaum erkennen kann, oder sie bilden nur eigens gefärbte Flecken in den Gesteinen. Auf diese Weise erklärt sich Reinh. Richter Versteinerungen führende Rollsteine nur wie Concretionen aussehende im paläozoischem Kalksteine des Thüringerwaldes (N. Jahrb. f. Min. 1849. S. 296—297). H. Vilain berichtet über im Berg Courchon bei Castellane gefundene Trümmerkalke mit runden Kalksteinstücken und abgerundeten Exemplaren des *Ammonites tortisulcatus* der Oxfordischen Abtheilung, welche höher über diesem Horizont liegen (Bull. Soc. geol. Fr. 1870. N. F. B. 27, S. 676).

In allen Fällen gehören hiener nicht solche Fälle wie Kreide-Belemniten oder Echinodermen, bedeckt mit Corallen, Serpulen, Cranien, obgleich die Thiere dieser Gehäuse fast nicht zusammengelebt haben (Const. Prevost. Bull. Soc. geol. Fr. 1840. B. 12, S. 162).

Auch sind ausgeschlossen die so oft erwähnten Gemenge tertiärer und Kreidepetrefacten[1] oder von Kreide- und Jurafossilien[2], über welche so manche Polemik geführt wurde. Doch gegen jedes dieser Citate haben andere Paläontologen protestirt. So z. B. Agassiz gegen Studer (Mem. Soc. nat. d. Neuchatel 1836. B. 1, S. 126. N. Jahrb. f. Min. 1837, S. 102); Roemer gegen Fitton (Verst. d. norddeutschen Kreide 1841, S. 132); Waagen gegen Laube, von den auffallenden Petrefacten des Thones von Hils ist nur ein einziges Fossil wirklich geblieben.

Was wir über Mollusken und Korallenreste eben sagten, wiederholt sich für vierfüssige Thierreste. So z. B. glaubt Lancaster einen Fall der mechanischen Gemenge von solchen Petrefacten gefunden zu haben, wenn er in dem rothen Crag Suffolk's Überreste von Thieren findet, welche die Miocän- und Pliocän-Perioden characterisiren und doch daselbst mit Überbleibsel von Thieren des obersten Pliocän gemengt erscheinen (Quart. J. geol. Soc. L. 1865. B. 21, S. 221). Gaudry

---

[1] Ladoucette zu Chaillot und im Berge Faudon (Hist. Topogr. des Hautes Alpes (Soc. geol. Fr. 1854, 5. Mai, (l'Inst. 1834, S. 356). — Dufrenoy im pyrenäischen Nummuliten-System (Ann. d. Mines 1832, 3 F. B. 1, S. 3). — D'Archiac, Ähnliches im Aude-Depart. (Bull. Soc. geol. Fr. 1843. B. 14, S. 488—498. N. Jahrb. f. Min. 1844. S. 753). — Leymerie (Bull. 1849. B. 6. S. 568. 1850. B. 7, S. 221). — Thorent bei Bayonne (Bull. 1844. N. F. B. 1. S. 573). — D'Orbigny (ebd. 1843. B. 14, S. 486) und Bronn (Leonh. Jahrb. 1852. S. 175) protestirten dagegen, weil besonders der Erste den Übergang jedes Fossils von einem seiner Horizonte in dem andern für nicht nur irrthümlich, sondern unmöglich annahm. Es handelt sich da meistens um die Definition einer Formation, einer Gruppe oder selbst eines Lagers.

[2] Dubois de Montpeyreux im Neocomien der Krim (sein Werk über den Kaukasus). — Fitton, 15 oolithische Fossilien in der englischen Kreide. — Phillipps, 99 Kreidefossilien und 8 des Kimmeridge-Thones im Speatonthone (sein Werk über Yorkshire). — Roemer, über den Thon von Hils oder Speaton mit gewissen Fossilien des Portland-Kalkstein und Coralrag. — A. Studer, Kreide-Petrefacten im Neocomien Neuburg's (N. Jahrb. f. Min. 1835, S. 58. Bronn's Lethaea. B. 2, S. 549). — Dr. Laube, Fossilien des Bajocien, Bathonien und Callovien im einem Lager zu Balin (Sitzber. d. kais. Akad. d. Wiss. 1866. B. 53). — C. A. Oppel und C. A. Zittel, im tithonischen Grappe zwischen Jura und Kreide. Paläont. Mitth. a. d. Mus. d. bayer. Staat. 1868. B. 2, Th. 1. N. Jahrb. f. Min. 1869 S. 254. — Pictet (Bibl. univ. Genève 1867. N. S. B. 29; 1869. B. 36, S. 224 bis 246. Soc. helv. 1869).

meint auch, dass die Thierreste in den Erdschichten nicht immer zu demselben Alter als die Bildung gehören, worin sie eingesargt liegen. (Bull. Soc. geol. Fr. 1867. B. 24, S. 736—741.)

Unter den Öffnungen und Spalten der Erdoberfläche sowie den Höhlen haben natürlich manche Quellen- oder Bächerschutt empfangen müssen, worin hie und da auch Pflanzen- und Thierreste begraben wurden. Auf der andern Seite sind viele solche Erdräume unter dem Meere oder selbst unter Süsswasser-Seen entstanden oder gestanden und durch allerlei felsiges Material, sowie durch Überbleibsel aller Classen der petrificirten Thierreste gefüllt worden; während, wo reiche Mineralquellen aus dem Boden flossen, sich auch hie und da förmliche kleine Becken gebildet haben, in welche fremde Petrefacten zufällig gefallen sind oder zugeführt wurden. Manchmal schossen aber Mineralwässer aus förmlichen breiten Spalten, welche sich dann mit dem Absatze der Wässer der Oberfläche, sowie mit Schutt nach und nach füllten. Unter den zwei letzteren Lagerstätten von Mineralien sammt einem Gemenge von Petrefacten verschiedenen Alters sind besonders diejenigen der Bohnerze oder Eisenhydrate im Jura und anderen Gebilden bekannt. Es waren eisenhaltige Säuerlinge, auch wohl manchmal eisenhaltige und salinische dieser Art, welche zu verschiedenen Zeiten aus der Erde kamen, aber besonders in der tertiären Zeit, wenigstens in gewissen Gegenden sehr häufig waren. Man fand und beschrieb in ihnen nicht nur besonders Jura- und Kreide-Petrefacten, sondern auch manche Überbleibsel von Säugethieren und überhaupt von Wirbelthieren.

Die sogenannten Knochenbrekzien mit oder ohne Fossilien, das heisst, mit sowohl Süss- als Salzwasser-Thierüberresten sind in gewissen Gegenden sehr häufig, besonders in solchen, wo durch grosse Senkungen oder Hebungen viele Spalten am Rande jener in ihrer äusseren Configuration veränderten Erdplätze geschehen sind. So zum Beispiel finden wir solche am Rande der grossen norditalienischen Senkung. Die jetzige natürliche Oberfläche dieser Gegenden deutet aber gerade auf solche dynamische Erdbewegungen, welche ich als Ursache der Knochenbrekzien voraussetzte. Doch in den meisten Fällen stehen diese gefüllten Spalten oder Höhlenräume im Kalkstein verschie-

denen Alters, aber besonders in dem der Flötzzeit. — Diese Felsart ist nicht nur leicht spaltbar, sondern sie bietet auch den kohlensauren Wässern und Gasen einen weniger schwer zerstörbaren Stoff, so dass dann die Spalten bald breiter und selbst beträchtliche Höhlen werden konnten.

Auf der andern Seite findet man in jenen Knochen Trümmerspalten neben den Überbleibseln fast der ganzen Diluvial-Säuge- und Wirbelthier-Fauna, nur hie und da marine Petrefacten der jüngeren Flötzformationen sowie tertiäre Fossilien, was besonders hie und da bei Nizza (Faujas St. Fond, Ann. Mus. 1807, S. 499), Risso (Nova Act. Car. Leop. Carol. Ac. 1823. B. 11, Th. 1, S. 360; Tasch. f. Min. 1824. B. 18, S. 565—568; J. de Geolog. 1830. B. 2, S. 203—205), in Sardinien (Alb. de la Marmora ebend. 1831. B. 3, S. 309—319) und anderswo, wie in Syrien, wenn ich nicht irre, u. s. w. der Fall ist. Überhaupt ist der so häufig steile Rand des mittelländischen Meeres in jener Richtung am sorgfältigsten untersucht, und weil viele Theile aus Jura oder Kreidekalksteinen bestehen, so finden sich da die besten Gelegenheiten für Spalten- und Höhlenbildungen, was anderswo fast längst allen Oceanen nicht der Fall ist, da daselbst Alluvion oder krystallinische Schiefer, Gneiss oder granitartige Gebirgsarten die Ufer bilden. Doch die südliche Küste Englands zeigte auch Überbleibsel von Meerthieren in einigen knochenführenden Kalksteinhöhlen, wie zu Cefn, Flintshire (Symonds, Q. J. geol. Soc. L. 1871. B. 27, S. 410; Geol. Mag. 1871. B. 8, S. 331) [1].

Wenn man in Metallgängen abgerundete Rollsteine fand [2], so muss man nicht über einige Versteinerungen, obwohl dem

[1] Die Bibliographie über Knochenbrekzien und Höhlen ist aber so bedeutend, dass sie zwischen 400—440 Abhandlungen oder Notizen umfasst.

[2] Freiesleben zu Schneeberg (seine Bemerkungen über Gänge und Molls Jahrb. 1800. B. 4. Nr. 2. S. 114, 1064; Daubuisson im Bleigang zu Huelgoet (J. d. Min. 1807. B. 21. S. 88—90); im Spatheisenstein zu 50 Klafter Tiefe in einem Bleigang bei Siegen (Tasch. f. Min. 1817. B. 11. Th. 1, S. 241); Jos. Carne, Granitrollsteine im Zinngängen Cornwallis (Trans. geol. Soc. Corn. 1828. B. 3, S. 238—241); Ferussac's Bull. 1830. B. 20, S. 27); H. C. Salmon, Grosse Granitblöcke tief in den Kupfer- und Zinngängen West-Rosewarne; Gwinner, Bergwerk in Cornwallis (Quart. J. geol. Soc. L. 1861. B. 17, S. 517—522; Phil. Mag. 4. F. B. 22, S. 324;

Alter der Ausfüllung jener Spalten fremd, erstaunt sein. Einer der besten, durch Leymerie constatirten Fälle sind die Kalksteinfragmente mit *Gryphea arcuata* zu 100 Fuss Tiefe im Mangangang zu Romaneche (Bull. Soc. geol. Fr. 1835. B. 7, S. 87; N. Jahrb. f. Min. 1835, S. 520); doch schon früher erwähnte man in Gängen Ammoniten in Chalcedon mit Krystallen von Quarz, Haytorit und rothen Mangan (Ann. of phil. 1829. B. 6, S. 315; Ferussac's Bull. 1831. B. 25, S. 173).

Wimmer sah Fossilien in dem Charlotte-Bergwerk am Harz (Maia, Clausthal 1851, 31. Oct.; B. u. Hütt. Zeit. 1853, S. 237); W. Bollaert Jura-Petrefacten in silberhältiger und verwitterter Felsart zu Panize in Peru (J. geogr. Soc. L. 1851. B. 21, S. 214) und Reuss Fossilien im Galena-Bergwerk zu Winterstein (Notizbl. Ver. f. Erdk. Darmst. 1859. Nr. 21—31, S. 28); Whitney aber fand Knochen und Zähne in den Bleigängen des nordwestlichen, freien Amerika (Amer. Assoc. Springfield 1859).

Vom Jahre 1862 bis 1869 richtete Charles Moore seine besondere Aufmerksamkeit auf ähnliche Anomalien in den Metallgängen des Kohlenkalkes Englands und fand darin Granit, thonige Rollsteine, 131 verschiedene Versteinerungen, eben sowohl diejenigen des Kohlenkalkes als die des Lias und Unteroolithen, 15 Arten von Knochen- und auch Holzfragmenten. Die besuchten Localitäten waren Mendip, Clifton, Weardale, Alston-Moore. Im ersteren Orte sammelte er im Jahre 1862 Knochen von Microlestes mit 50.000 Zähnen von Lophiodon, im Jahre 1868 134 Exemplare und im Jahre 1869 silurische Conodontenreste, *Flemingites gracilis* der Steinkohlen, 23 Fischarten, Conchilien aus der Liaszeit, 30 Species Entomostraceen der Gattungen *Bairdia*, *Beyrichia*, *Cythere*, *Cytherella*, *Kirkbya*, und *Moorea*, 5 Genera oder 11 Species Foraminiferen, nämlich: *Dentalina*, *Textularia*, *Tineporus* und *Involutina*, dann noch *Pupa vetusta* der

---

Geologist. B. 4, S. 297); Faller, Quarzkiesel im Grünerzgange zu Schemnitz (Österr. Zeitschr. f. B. u. H. 1861, S. 8); S. Higg jun., Kreidefeuerstein in einem Bergwerke zu Bulleswidden, St. Just (48—50 Repert. a Trans. Cornw. roy. geol. Soc. 1865. S. 448); Le Nève Foster, Porphyr und Schieferrollstein zu Rosewarne, Cornwallis (Brit. Assoc. 1866, Cosmos 1866. 2. F. B. 4, S. 359).

Steinkohlenformation und 9 Genera von Erd- und Süsswassermuscheln. Im ganzen 267 Species Versteinerungen [1]. Zu Weardale waren die Versteinerungen 678 Fuss unter der Erdoberfläche.

Hr. H. B. Brady bestätigte auch den Foraminiferen-Fund (Brit. Assoc. f. 1869, S. 381—382) und Posepny beschrieb analoge zufällige Versteinerungen zu Bleiberg in Kärnthen (Verh. geol. Reichsanst. 1870. S. 273—274). Im Jahre 1866 fand Eck Thon mit miocänen Marmorversteinerungen in den Metallagerstätten Oberschlesiens sammt Calamin-Incrustationen auf Bäumen, Blättern und Stollenholz (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1866. B. 18, S. 179).

Was die Pflanzenreste betrifft, gab B. Cotta eine Notiz über die organischen Formen (Oscillaria?) in einem wahrscheinlich durch Thermalwasser ausgefüllten Agathgang zu Schlottwiz (N. Jahrb. f. Min. 1837, p. 299—303, Taf. 3).

H. L. Pattison meldete im Jahre 1830 den Fund eines Baumes in Bleigängen des Alston-Moorkohlenkalkes (Trans. nat. hist. Soc. Northumberl. 1830. B. 1. Th. 1, S. 79).

Alle diese Thatsachen bilden die besten Beweise für das junge Alter sehr vieler Metallgänge, eine Meinung, welche die Geologen und Bergmänner ehemals und selbst bis in dem ersten Viertel dieses Jahrhunderts keineswegs theilten. Jetzt wird gerade von selbst reichhaltigen Metallgängen aus der Jura- und vorzüglich aus der Kreide-, sowie aus der Tertiärzeit, wie in Californien, Mexiko, Ungarn u. s. w., gesprochen. Doch hätte man schon lange bemerken sollen, dass Überbleibsel von zerstörten Gängen, sowohl von den Erzen als den Gangmassen, in den paläozoischen und selbst Flötzformationen nie etwas gesehen wurde, obgleich die Annahme unwahrscheinlich scheint, dass von ihrer möglichen Zerstörung nichts übrig bleiben konnte. Nur sehr spärliche Notizen über abgerollte Erze liegen vor, oder besser gesagt, wenn solche ähnlich geformte Massen von Blei, Kupfer oder Eisen vorkommen, so bleibt immer die Frage offen, ob diese Erze nicht wirkliche chemische Niederschläge eines metall-

[1] Brit. Assoc. f. 1862, 1863, S. 81. 1868, S. 428. 1869, S. 360; Geologist 1862. B. 5, S. 420—422. 1863. B. 6, p. 372—374; Geol. Mag. 1869. B. 6, S. 563—565.

hältigen Menstrums sind, oder wegen ihrer eigenthümlichen äusseren Form und scheinbaren Abgeriebenheit doch nichts Anderes sein können, wie zum Beispiel im Muschelkalk, im bunten Sandstand u. s. w. Auf der andern Seite kann man die Möglichkeit nicht läugnen, dass manchmal durch heisse Mineralwässer und metallische Säuren gewisse Erze aufgelöst werden konnten, um später in den neptunischen Gebilden chemischer Art und vielleicht selbst etwas verändert niedergeschlagen zu werden. — So zum Beispiel würden sich manche kleine zerstreute Partien von Eisen, Mangan, Kupfer, Kobalt, Blei, Zink und Zinn in solchem Flötz und tertiären Gebilden erklären, welche meistens in zersetzten geschwefelten Metallen dieser Art ihren Ursprung hätten, denn diese letzte Verbindung bildet den grössten Theil der bis jetzt bekannten Metallgänge.

Katalog der Notizen

über Fundörter von Versteinerungen im älteren Alluvium, durch welche diese letzte Bildung characterisirt wird.

Trimmer (Will. Kirby), Pachydermen-Knochen, Meeresmuscheln bei Brentford (Middlesex) (Lond. phil. Trans. 1813. Th. 2, S. 131, 4 Taf.).

Desor und Agassiz, Meermuschel im Drift u. Till Nordamerika's.

Boué (A.), Schottland (Essai sur l'Ecosse. 1820, S. 336).

Gilbertson (W.) zu Preston (Mag. nat. Hist. 1830. B. 3, S. 170); auch Murchison, Rep. brit. Ass. f. 1832).

Sedgwick (Ann. of phil. 1825. N. F. B. 9, S. 250—254; Zeitschr. f. Min. 1827, S. 53 u. 193).

Rose (C. A.), Norfolk (I. roy. Instit. L. 1828. B. 26, S. 308; Z. f. M. 1829, S. 712—714).

Eaton (A.), N. Amerika (Amer. J. of Sc. 1829. B. 15, S. 249; Jahrb. f. Min. 1830. S. 134).

Thornbee, Hist. of Blackport (Lancashire), 1837.

Brodie, Erd- u. Süsswassermuschel u. Thierknochen, Cambridge (Trans. Cambridge phil. Soc. 1849. B. 8, S. 138).

Durocher, Danemarc (C. R. Ac. Sc. P. 1841. B. 14, S. 89).

Braun (Alex.), Rheinthal (Ber. deutsch. naturf. Ver. 1842. M. 1843. S. 147).

Lalanne Vitry le françois (Marne) (C. R. Ac. S. 1843. B. 16, S. 680—683).

Harkness (R.), im Thone Lancashire (Geol. Soc. L. 1844, 3. April, Phil. Mag. 1844, 3. F. B. 25, S. 219).

Harkness (Rob.), im Thone, Clyde (Quart. J. geol. Soc. L. 1845. B. 1, S. 152).

Forbes (Edw.), Lancashire (Mem. Geol. Surv. Gr. Brit. 1846. B. 1).

Redfield, im Till Brooklyn. N. Y. (Amer. Assoc. 1847. Amer. J. of Sc 1848. N. F. B. 5, S. 110—111); auch Proc. Bost. nat. Hist. Soc. 1852, Mai, S. 181.

Edmonds (R. jun.), Erdmuscheln Cornwallis (Trans. geol. Soc. Cornwall. f. 1848. Edinb. u. phil. J. 1849. B. 43, S. 263; N. Jahrb. f. Min. 1850. L. 868—869).

J. Smith, Till. Q. J. geol. Soc. L. 1850. B. 6, S. 386—388.

Moore, ebd., S. 388—389.

Jin (Bost. nat. Hist. Soc. 1852, Mai, S. 181).

Lea (Isac), Philadelphia (Proc. Ac. nat. Sc. Philad. 1854. B. 6, Nr. 8, S. 106.

Prestwich, Middlesex (Q. geol. Soc. L. 1855. B. 11, S. 10 & 42).

Chambers (Rob.) Wigtonshire u. Caithness (Schottland) (Ed. n. phil. J. 1853. B. 54, S. 271).

Dawson (J. W.), St. Laurent Canada (Amer. Assoc. Montreal 1857; Edinb. n. phil. J. 1857. N. F. B. 6, S. 351; Canad. J. 1858. N. F. Nr. 13, S. 86; Amer. J. of Sc. 1862. 2. F. B. 31, S. 278).

Symonds (W. S.), Saverner-Thal (Brit. Assoc. 1857).

Kinahan, Bohesna Breena (Dublin) (J. geol. Soc. Dublin 1858. B. 8, S. 87 u. 88).

Chapman (E. J.), West-Canada (Canad. J. 1858. N. F. N. 18, S. 516).

Desor, im Diluvium mit gestreiften Rollsteinen bei New-York (Bibl. univ. Genève 1858. N. P. B. 3, S. 130).

D'Orbigny (Charles), mit Süsswassermuscheln, Joinville (Bull. Soc. geol. Fr. 1859. N. F. B. 17, S. 66, 71).

Hebert, im Pariser Becken (ebd. S. 72).

Sars (Dr. M.), im Gletscherschutt. (Universitäts-Programm. Christiania 1860.) Deutsche Übers. (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1860. B. 12, S. 409—428); N. Jahrb. f. Min. 1861. S. 731—734; Edinb. u. phil. J. 1863. N. F B. 18, S. 17—30).

Über die quaternären Fossilien. Christ. 1864. 4 Taf. (Amer. J. of Sc. 1866. B. 41. S. 286).

Bell (H.), Süsswassermuschel. Canada.

Prestwich (Jos.), Hull (Yorkshire). 1861.

Lister (W.), Wolverhampton (Geol. Soc. L. 1862, 26. Febr. Phil. Mag. 1862. N. F. B. 23, S. 412).

Nevill (T. H.), Montreal, Canada (Proc. lit. a. phil. Soc. Manchester 1862 bis 1864. B. 3, S. 153).

Bateman (J. F.), u. Binney, Longdendale (ebd. 1862, 2. Dec. B. 3, S. 15).

Darbishire (R. D.), auf hohem Niveau Caernarvonshire u. Maalefield (ebd S. 56 u. 177; 1864. B. 4, S. 41 u. Binney S. 43. Geol. Mag. 1865. Nr. 13, S. 293).

Wynne (A. B.), Irland, Knochen u. Muschel (Geologist 1862. B. 5, S. 431 bis 432).

Jones (John), 200 Fuss üb. Meer, Stoud (Gloucestersh.) (Dudley Geo Soc. Geologist 1863. B. 6, S. 308).

Watson (R. B.), Insel Arran (Ed. n. phil. J. 1864. N. F. B. 19. S. 312).

Peach (J. W.), im Thone Caithness. 1864. S. 66.

Woodward (C. P.), Shropshire.

Kunth, Berlin. 1865.

Gunn (Rev. Joh.), Saxlingham, Norwich (Geol. Mag. 1865. B. 2, S. 558).

Crosskey, Tellina calcarea zu Airdrie (Quart. J. ef Sc. 1865. B. 3, S. 680. Geol. Mag. 1866. N. F. B. 3, S. 135).

Sainter Macclesfield (Trans. Manchest. geol. Soc. 1864—65. B. 5, S. 114; Colliery Guardian, 1865. B. 9, S. 404—416).

Jamieson (T. F.), Caithness (Geol. Soc. L. 1866, 7. Febr. Phil. Mag. 1866. N. F. B. 31, S. 318).

Berendt, Ost-Preussen (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1866. B. 18. S. 174 bis 176).

Smith (G. S.), Süsswassermusch. Hackney Downs (Geol. Nat. Hist. Repertory 1867. N. 26—28, S. 373).

Beyrich, Mese (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1867. B. 19, S. 251—252).

Craig (R.) Kilmaurs (Geol. Mag. 1869. B. 6, S. 525—526).

Conwell (E. R.), Irland (Report. Brit. Assoc. Exeter 1869, S. 87).

Pow (J. B.), Nature. 1871.

Jentzsch (A.), Königr. Sachsen (Sitzber. Naturwiss. Ges. Isis in Dresden. 1871. N. 5, S. 91).

Über die dolomitische Brekzie der Alpen und besonders über die zu Gainfahrn in Nieder-Oesterreich.

Von dem w. M. Dr. **A. Boué.**

Diese sonderbare Gebirgsart ist ziemlich häufig in den Kalkalpen und besonders in der Nähe der Dolomite, welche grossentheils zur Liasformation gehören. Sie besteht nur aus eckigen Stücken mehr oder minder dolomitischer Kalksteine, deren Grösse unendlich verchiedenartig ist und eine ganze Scala von einem sehr grossen, mehrere Kubikfuss betragenden Umfang bis zur mikroskopischen Kleinheit durchläuft. Zwischen den Brocken liegt ein grauweisslicher Sand, welcher unter der Loupe meistens aus kleinen Dolomitkrystallen zu bestehen scheint. Diese Felsart geht oft im Grossen wie im Kleinen in vollständig zuckerähnlichen Dolomit über. Nie bemerkt man darin Gerölle oder Petrefacten, nur einmal in Gainfahrn fand ich eine ähnlich zusammengesetzte Brekzie mit grossen Korallen wie in der Nähe von Eisenstadt sowie auch eine Chama in den Sandschichten dieser Brekzie (hinter der Gainfahrner Kirche und weiter westlich hinter den Bauernhäusern im Heger'schen Baugrund bis zu dem Fuchsischen Haus). Überall ist die wahre Schichtung dieser Felsart schwer zu ermitteln, indem sie von anderer Seite oft eine falsche wenig geneigte zeigt, was dann das Bild eines geschichteten Trümmerhaufen gibt. Wenn diese Felsart an dem Abhang eines Berges ist, so läuft die Schichtung gewöhnlich parallel mit der Böschung des Berges. Überall wo diese Felsart ansteht, bilden sich am Fuss der Felsen Schutthaufen, welche manchmal wieder so zusammengebacken

sind, dass man oft nicht weiss, wo jener endigt und wo das anstehende Gestein anfängt. Natürlicherweise mussten solche Trümmer manchmal Spalten in anderen Gesteinen ausfüllen, wenn jene in der Nähe waren, und in dem Falle, dass die letzteren Kalksteine waren, wird man leicht zugeben, dass es manchmal schwer fallen kann und konnte, die falsche Brekzie der Spalte von dem dichten Kalksteine zu trennen, wenn die Farben der beiden Felsarten nicht sehr verschieden sind. So erklärt man sich wenigstens, wie einige Geognosten in den Gängen dieser Brekzie Flotzkalkstein haben sehen wollen.

Da mich das Schicksal in die Nähe einer solchen Felsart zu Vöslau gebracht hat, habe ich Musse genug gehabt, über ihre Bildungsart nachzudenken, ohne nach 30 Jahren zu einer gründlich bewiesenen Theorie gelangen zu können, wie meine Notizen darüber es hinlänglich beweisen. Im Jahre 1854 wollte ich darin nur eine durch ausserordentliche Reibung hervorgebrachte Gebirgsart erkennen, welche dann später durch Mineralwässer etwas metamorphosirt worden wäre, indem die ganze anomale Erscheinung ursprünglich von einer langsamen Hebung der Alpen abgehängt hätte (Sitzber. Bd. 12, S. 422). Im Jahre 1859 zeigte ich an, dass man in Gainfahrn unter zwei Klafter dieser Kalkbrekzien, oder wenigstens einer mineralogisch ähnlichen, Leitha-Petrefacte gefunden hatte (Sitzber. Bd. 36 S. 356), welche ich dem seligen Dr. Hörnes übergab. In den Jahren 1861 und 1862 wurde dieser Fund einer Chama durch andere Fossilien bestätigt (Sitzber. Bd. 44, S. 41), so dass ich endlich die Frage aufwarf, ob diese Kalkbrekzie nicht ganz tertiär wäre; aber sogleich standen mir unüberwindliche geognostische Schwierigkeiten im Wege, wenn ich diesen Schluss auf weit entlegene Ablagerungen der Art nicht nur in den Alpen im Allgemeinen, sondern selbst im Wiener Becken ausdehnen wollte. Uberhaupt bildet diese Kalkbrekzie sehr oft die untersten Massen der Dolomite, wie z. B. im südlichen Tirol. Es sind die Gesteine, welche nach Herrn von Buch's Dolomisationstheorie den Übergang vom Kalkstein in Dolomit übermitteln sollten.

Eine Thatsache steht fest, nämlich dass in den untersten 'Schichten der Obertertiär oder Leitha-Conglomerate

in manchen Gegenden, wo solche Trümmer Kalkstein in der Nähe anstehen, Theile dieser Aggregate gänzlich oder fast gänzlich in Kalk-Brekzien übergehen, welche mit den festen Theilen unserer Brekzie sehr grosse Ähnlichkeit haben und wie sie, keine Brocken von Schiefer oder fremden Gesteinen und noch weniger Gerölle enthalten. Dieses ist bekanntlich der Fall am Eingang des Helenathales u. s. w. Mit dieser Thatsache ausgerüstet, kann man sich leicht erklären, dass anderswo einige sandige Schichten in ähnlichen wieder aufgebauten tertiären Kalkbrekzien einige Petrefacte enthalten können, wie es der Fall in Gainfahrn in der Nähe und hinter der Kirche wäre, wo auf zerstreut aus der Erde herausragenden kleinen Felsen das wahre tertiäre Conglomerat über diese wieder aufgebaute Kalkbrekzie zu liegen käme. Hinter dem Schlossgarten in Gainfahrn zeigt sich noch das gewöhnliche Conglomerat, welches die Kösener Schichten und den Fuss von Megalodonkalkstein-Felsen bedeckt. Aber etwas weiter steht schon die Brekzie an, welche längs des ganzen Weges sich deutlich zeigt, wenn man hinter der Kirche heruntergeht. In den Kellern um die Kirche steht die Brekzie noch überall an, und so geht es fort durch das ganze obere Gainfahrn, wo man an dieser Brekzie eine deutliche südliche Neigung der Schichten bemerkt. Überschreitet man aber dieses Dorf, so kommt man bald wieder ins tertiäre Leitha-Conglomerat, wie Steinbrüche es beweisen. Als deutliches Zeichen, dass man es in Gainfahrn mit einer in tertiärer Zeit wieder zusammengebackenen Brekzie zu thun hat, erscheint der Umstand, dass alle Brunnen von Ober-Gainfahrn einige oder wenigstens eine Klafter unter der tertiären Brekzie erschlossen wurden, indem in der wahren Flötzbrekzie das Graben nach Wasser vergebens ist, wie man es z. B. in Baden erfahren hat.

Steigt man von Gainfahrn den Gemeindeberg herauf, so kann man diese Kalkbrekzie durch die Weingärten und Kalk-Felsenflächen bis in Fichtenwald verfolgen, und bis man die ersten Schottergruben dieser Kalkbrekzien erreicht. Geht man von der Gemeinde Gainfahrn auf den höhern Theil des Berges oder auf den Grund der Gemeinde Vöslau hinüber, so findet man eine Anzahl von grossen Schottergruben, in welchen theilweise noch

gearbeitet wird, während die andern mehr westlich liegenden verlassen sind.

Die Gewinnung des Schotters und Reibsandes hätte, wenn regelmässig betrieben, zu viel Geld gekostet, weil die leicht zusammengebackenen vortheilhaft zu verwendenden Theile sehr unregelmässig zwischen anderen sehr dichten Massen vertheilt sind, so dass wirklich nur ein Raubbau anwendbar war, der aber eben deswegen auch ein sehr gefährliches Unternehmen ist.

Überall wo ziemlich grosse senkrechte Felswände sich darbieten, sind Spuren einer Art von grober Schichtung mit einem südlichen kleinen Neigungswinkel. Über den westlichen grossen verlassenen Brüchen, so wie weiter westlich, findet man nur den dichten Kalkstein anstehen, aus welchem der Lusthausboden oder Gipfel des Vöslauer Berges besteht. Im östlichen Bruche oberhalb der Alexanderhöhe beobachtete ich dasselbe, indem es schien, dass die Kalkbrekzie kaum die auffallende Spalte erreicht, welche nördlich von der Alexander-Höhe bis in die tertiären Conglomerate durch die ehemalige Schiessstatt und das Maithal sich erstreckt. Doch findet man die Kalkbrekzie wieder in dem obern Krautthal, dessen unterer Theil auch Megalodonkalkstein besitzt.

Nach diesem ausführlichen Detail ist der Ausspruch meines Freundes Hrn. v. Karrer leicht, dass man es mit einer Flötzkalkbrekzie zu thun hat, welche in dem untern Theil des Gemeinde-Berges Gainfahrn nur ein wieder zusammengebackener Kalkgruss ist, welche Begebenheit in die jüngere tertiäre Periode fällt, aber die Grenze zwischen beiden chronologisch so verschiedenen Bildungen zu bestimmen, das ist die Schwierigkeit, denn selbst der Grusssand mit Petrefacten ist darin nur eine locale Erscheinung. Auch dann gibt die Bildungstheorie dieser Kalkbrekzie ein schweres Räthsel zu lösen, wenn man selbst annehmen möchte, dass sie keineswegs durch dynamische Kräfte hervorgebracht wurde, sondern nur eine der merkwürdigsten innern chemischen Umwandlungen, vielleicht nur durch die Wirkung der Kohlensäure wäre. Man bemerkt nämlich, dass Kalksteine mit der Zeit eine Menge Sprünge bekommen, welche sich nicht nur allmälig erweitern, sondern auch ins unendliche verzweigen oder vervielfältigen, so dass man am

Ende von einem festen zu einem brekzienartigen Gestein gelangt. Noch kommt dazu, dass dieser langsame Process in der ganzen Masse sehr ungleich ist, so dass man zwischen sehr dichten und nur im Grossen brekzienartigen zu Gebirgsarten gelangt, welche nur mehr oder minder losen Trümmerhaufen gleichen, besonders wenn der feine, gewöhnlich die Spaltenritzen ausfüllende dolomitische Sand durch die Tagewässer ausgewaschen wurde. Darum sieht man auch in jenen Schottergruben förmliche bewohnte Zimmer umgeben von grossen festen Felsen, indem anderswo und nicht weit davon die Bergmasse durch sehr ausgedehnte und hochgewölbte Höhlen, sowie in den Montmartre-Gypsbrüchen, durchlöchert ist. In letztern war die grösste Metamorphose, darum der beste feinste Reibsand. Der gewöhnliche Schotter- oder Gartensand bildet die Pfeiler solcher hohen und breiten Gänge. Die ganze Bergbauart ist aber darum eine höchst gefährliche, und scheint in einer gewissen Tiefe ihre Grenze zu finden. Ist ein Platz verbaut, so muss man im Spaziren daselbst sich sehr in Acht nehmen, denn der Boden ist grösstentheils ausgehöhlt, voll Löcher und Einstürze. Im Frühjahr ist die grösste Gefahr. — Wie es gekommen ist, dass die Italiener der Wasserleitung aus den am festesten zusammengebackenen Theilen dieser Brekzie Steine für die Wölbung des Vöslauer Tunnels durch Sprengung gewählt haben, schien mir gar sonderbar, denn daneben ist der dichte Megalodonkalkstein, welcher doch solchem Verwitterungsprocesse nicht unterworfen ist.

Wie weit im Felsen erstreckt sich diese chemische Zersetzung oder Umwandlung? und wenn die Kohlensäure des Regenwassers die Ursache dieser dann möglichst nur obersten Rinde eines Dolomits ist, warum erstreckte sie nicht dieselbe Wirkung auf alle Felsarten dieser Art? Ich möchte glauben, nach den Prüfungen mittelst Säuren, dass in diesen Brekzien der magnesienhaltige Dolomit im Kalksteine nur gemischt ist und dass diese Felsart keine chemische Verbindung bildet. Die Kohlensäure würde den Kalkcarbonat auflösen und einen dolomitischen Sand zurücklassen. Ich möchte auch glauben, dass die scheinbar südliche dem Bergabhang parallele Schichtung

auch nur von dem Durchsickern des Regenwassers herrührt. Die Richtung des Wasserlaufes wäre daselbst durch die Böschungsrichtung des Berges bedungen, das Wasser muss natürlich den kürzesten Weg herunter ins Thal verfolgen. Durch dieses Herabfliessen sowie durch den Niederschlag von sandigem Dolomit durch das Wasser würde diese falsche südliche Schichtung unter einem meistens geringen Neigungswinkel hervorgebracht werden, und auf diese Weise erklärt sein.

XV. SITZUNG VOM 23. MAI 1873.

Der Vorstand des naturwissenschaftlichen Vereins für Sachsen und Thüringen in Halle a/S. ladet, mit Circular-Schreiben vom 1. Mai, zur Theilnahme an der am 21. und 22. Juni d. J. zu begehenden Feier seiner 25jährigen Thätigkeit ein.

Herr Prof. Dr. E. Mach in Prag hinterlegt ein versiegeltes Schreiben zur Wahrung seiner Priorität, mit der Aufschrift: „Ein neues Mittel für sehr feine Zeitbestimmungen."

Herr Prof. E. N. Horsford aus Cambridge in Nord-Amerika legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Die Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxydgas durch phosphorsaures Eisen".

Herr Hofrath Dr. H. Hlasiwetz übergibt die zweite von ihm gemeinschaftlich mit Herrn J. Habermann ausgeführte Abhandlung: „Über die Proteïnstoffe."

Herr Dr. K. Heitzmann überreicht eine Abhandlung. „Über das Verhältniss zwischen Protoplasma und Grundsubstanz im Thierkörper."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Abbot, Francis, Results of five Years' Meteorological Observations for Hobart Town etc. Tasmania, 1872; 4°.

Annalen der k. k. Sternwarte in Wien. Dritte Folge. XIX. Bd Jahrgang 1869. Wien, 1872; gr. 8°.

Annales des mines. VIIe Série. Tome II, 5e & 6e Livraisons de 1872. Paris; 8°.

Archiv der Mathematik und Physik. Gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. LV. Theil, 1. Heft. Greifswald, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1936—1939. (Bd. 81. 16—19.) Altona, 1873; 4°.

Barnard, J. G., Problems of Rotary Motion presented by the Gyroscope, the Precession of the Equinoxes and the Pendulum. Washington City, 1871; 4°.

Basel, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871—73. 4° & 8°.

Bern, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem J. 1872. 4° & 8°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVIe. Nr. 184. Genève, Lausanne, Paris, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 18. Paris, 1873; 4°.

Cremona, Luigi, Elementi di geometria projettiva. Vol. I. Roma, Torino, Milano, Firenze, 1873; gr. 8°. — Per le nozze di Camilla Brioschi con Costanzo Carcano. Milano, 1872; kl. 4°.

Erlangen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871/2; 4° & 8°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVI (Neuer Folge VI) Nr. 4. Wien, 1873; 8°.

— naturforschende, zu Freiburg i. Br.: Berichte über die Verhandlungen. Band VI, Heft 1. Freiburg i. Br., 1873; 8°.

— physikalisch - ökonomische, zu Königsberg: Geologische Karte der Provinz Preussen. Blatt 8. Folio.

— physikal. - medicin., in Würzburg: Verhandlungen. Neue Folge. IV. Band, 1. Heft. Würzburg, 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 20. Wien, 1873; 4°.

Greifswald, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1872/3. 4° & 8°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo II°, Serie IV^a, Disp. 5^a. Venezia, 1872—73; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXIX, Heft 3. Speyer, 1873; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe, N. F. Band VII, 3. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrg, Nr. 10. Graz, 1873; 4°.

Lotos. XXIII. Jahrgang. April 1873. Prag; 8°.

Mittheilungen, Mineralogische, gesammelt von G. Tschermak. Jahrgang 1873, Heft 1. Wien; kl. 4°.

Nature. Nrs. 185, Vol. VIII. London, 1873; 4°.

Puyals de la Bastida, Don Vincente, Teoria de los numeros y perfeccion de las matemáticas. Madrid, 1872; 12°.

Regel, E., *Animadversiones de plantis vivis nonnullis horti botanici Petropolitani.* 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIme Année. 2e série. Nr. 46. Paris, 1873; 4°.

Riccò, Felice e Annibale, La stampa naturale. Modena, 1873; 8°.

Società Italiana di Antropologia e di Etnologia: Archivio. III° Vol., fasc. 1°. Firenze, 1873; 8°.

— degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. Anno 1873, Disp. 3ª. Palermo, 1873; 4°.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIIe Année, Nr. 1. Constantinople, 1873; 4°.

Tommasi, D., Sur une combinaison de l'urée avec l'acétyle chloré. — Action du chlorure de chloracétyle sur l'aniline et la toluidine. Paris, 1873; 4°.

Verein, Naturwissenschaftlicher, zu Bremen: Abhandlungen. III. Band, 3. Heft. Bremen, 1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang. Nr. 20. Wien, 1873; 4°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

LXVII. BAND. II. ABTHEILUNG.

JAHRGANG 1873. — HEFT I BIS V.

(Mit 7 Tafeln und 20 Holzschnitten.)

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1873.

INHALT.

Seite

I. Sitzung vom 2. Jänner 1873: Übersicht 3

II. Sitzung vom 9. Jänner 1873: Übersicht 5

Puschl, Über den Zusammenhang zwischen Absorption und Brechung des Lichtes. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 4

III. Sitzung vom 16. Jänner 1873: Übersicht 18

Boltzmann, Experimentelle Bestimmung der Dielektricitätsconstante von Isolatoren. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 75 kr. = 15 Ngr.] 17

Mach u. *Fischer*, Die Reflexion und Brechung des Schalles. (Mit 6 Holzschnitten.) [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 81

Dvořák, Zur Theorie der Thalbot'schen Streifen. (Mit 9 Holzschnitten.) [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 89

v. Lang, Spiegelgalvanometer mit regulirbarer Dämpfung. (Mit 3 Tafeln.) [Preis: 75 kr. = 15 Ngr.] 101

IV. Sitzung vom 30. Jänner 1873: Übersicht 106

Domalip, Zur mechanischen Theorie der Elektrolyse. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 109

Fritsch, Die Periodicität des Wasserstandes der Salzach, Saale und Gasteiner Ache. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 35 kr. = 7 Ngr.] 121

Winckler, Integration der linearen Differentialgleichung zweiter Ordnung, deren Coëfficienten lineare Functionen der unabhängigen Veränderlichen sind. [Preis: 30 kr. = 6 Ngr.] 143

V. Sitzung vom 6. Februar 1873: Übersicht 185

Kolbe, Beweis eines Satzes über das Vorkommen complexer Wurzeln in einer algebraischen Gleichung. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 188

Boue, Bemerkungen über die von Dr. A. Wolfert erneuerte Theorie der Polarlichter durch Reflexion u. Brechungs-Phänomene der Sonnenstrahlen. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 191

Gegenbauer, Note über bestimmte Integrale. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 202

Seite

Ditscheiner, Über das Intensitätsverhältniss und den Gangunterschied der bei der Beugung auftretenden senkrecht und parallel zur Einfallsebene polarisirten Strahlen. (Mit 1 Holzschnitt.) [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] . . . 205

Priwoznik, Über eine durch schwefelhältiges Mineralwasser bewirkte Veränderung von Gusseisen. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 235

VI. Sitzung vom 13. Februar 1873: Übersicht 241

Maly, Monochloracetylsulfoharnstoff und Sulfhydantoin. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 244

v. Oppolzer, Nachweis für die im Berliner Jahrbuche für 1876 enthaltenen Ephemeriden der Planeten (58) Concordia, (59) Elpis, (62) Erato, (64) Angelina und (113) Amalthea. [Preis: 25 = 5 Ngr.] 249

VII. Sitzung vom 6. März 1873: Übersicht 283

Weyr, Über razionale ebene Curven vierter Ordnung, deren Doppelpunktstangenten Inflexionstangenten sind. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 286

VIII. Sitzung vom 13. März 1873: Übersicht 292

Niemtschik, Über die Construction der einander eingeschriebenen Linien zweiter Ordnung. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 30 kr. = 6 Ngr.] 295

IX. Sitzung vom 20. März 1873: Übersicht 311

Morawski, Vorläufige Mittheilung über eine Isomere der Citronensäure. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 314

X. Sitzung vom 3. April 1873: Übersicht 319

Streintz, Über die Änderungen der Elasticität und der Länge eines vom galvanischen Strome durchflossenen Drahtes. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 35 kr. = 7 Ngr.] 323

Unferdinger, Über einige mit *Lim.* $\frac{n}{\sqrt{n!}} = e$ (für $n = \infty$) verwandte Limiten. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 355

— Der mittlere Krümmungsradius und die mittlere Krümmung in einem bestimmten Punkt einer Fläche. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 361

— Über die merkwürdigen Eigenschaften des Ausdruckes $z^n - \binom{m}{1}(z-1)^n + \binom{m}{2}(z-2)^n - \ldots + (-1)^m \binom{m}{m}(z-m)^n$ und Anwendung derselben. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] .

Mach, Über die Stefan'schen Nebenringe am Newton'schen Farbenglas und einige verwandte Interferenzerscheinungen. [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 371

Seite

XI. Sitzung vom 17. April 1873: Übersicht 382

Hornstein, Über die Abhängigkeit der täglichen Variation des Barometerstandes von der Rotation der Sonne. [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] 385

v. *Waltenhofen*, Über ein allgemeines Theorem zur Berechnung der Wirkung magnetisirender Spiralen. (Mit 2 Holzschnitten.) [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 417

XII. Sitzung vom 24. April 1873: Übersicht 433

Hann, Über die Wärmeabnahme mit der Höhe im asiatischen Monsungebiet. [Preis: 20 kr. = 4 Ngr.] 435

XIII. Sitzung vom 8. Mai 1873: Übersicht 457

XIV. Sitzung vom 15. Mai 1873: Übersicht 460

XV. Sitzung vom 23. Mai 1873: Übersicht 463

Horsford, Die Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxyd durch Eisenphosphat. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 466

Hlasiwetz u. *Habermann*, Über die Proteïnstoffe. II. Abhandlung. (Mit 2 Holzschnitten.) [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] . 470

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

1.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

I. SITZUNG VOM 2. JÄNNER 1873.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Hofrath Freih. v. Ettingshausen den Vorsitz.

Herr Dr. L. J. Fitzinger in Pest übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Versuch einer natürlichen Classification der Fische.“

Herr Hofrath Dr. E. Ritter v. Brücke überreicht eine in seinem physiologischen Institute ausgeführte Arbeit: „Über die Quelle des Leberglycogens,“ vom Herrn stud. med. Sigmund Weiss.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia, Real, de Ciencias medicas, fiscias y naturales de la Habana: Anales. Entrega XCVII—C. Tomo IX. Habana, 1872; 8°.

Accademia Pontificia de' nuovi Lincei: Atti. Anno XXV, Sess. 7ª. Roma, 1872; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrg., Nr. 36; 11. Jahrgang, Nr. 1. Wien, 1872 & 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1915 (Bd. 80. 19.) Altona, 1872; 4°.

Bibliothèque Universelle & Revue Suisse: Archives des sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVª, Nr. 179. Genève, Lausanne, Paris, 1872; 8°.

Chlebik, Franz, Kraft und Stoff, oder der Dynamismus der Atome aus Hegel'schen Prämissen abgeleitet. Berlin, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 24. Paris, 1872; 4°.

Gelehrten-Verein, serbischer, zu Belgrad: Glasnik. Knjiga. XXXIV & XXXV. Belgrad, 1872; 8°.

Gesellschaft, physikal.-medicin., in Würzburg: Verhandlungen. N. F. III. Band, 3. Heft. Würzburg, 1872; 8°.

Gesellschaft, naturforschende, zu Emden: Kleine Schriften. XVI. Emden, 1872; 8°.

— böhmische chemische: Berichte. 1. & 2. Heft. Prag, 1872; 8°. (Böhmisch).

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 51—52. Wien, 1872; 4°.

Istituto, Reale, Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo I., Serie IV^a^, Disp. 10^a^. Venezia, 1871—72; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXVIII, Heft 4. Speyer, 1872; 8°.

— über die Fortschritte der Mathematik, von C. Ohrtmann, F. Müller, A. Wangerin. II. Band. Jahrgang 1869 & 1870, Heft 2. Berlin, 1872; 8°.

Jena, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem zweiten Halbjahre 1872. 4° & 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VI, 6. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 26. Graz, 1872; 4°.

Lese-Verein, akadem., an der k. k. Universität und st. l. technischen Hochschule in Graz: V. Jahresbericht. Graz, 1872; 8°.

Lotos. XXII. Jahrgang. November 1872. Prag; 8°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administr. Militär-Comité. Jahrgang 1872, 12. Heft. Wien; 8°.

Nature. Nrs. 164—165, Vol. VII. London, 1872; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 16. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIe Année, 2e Série, Nrs. 25—26. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Verein, Siebenbürgischer, für Naturwissenschaften: Verhandlungen & Mittheilungen. XXII. Jahrgang. Hermannstadt, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 51—52. Wien, 1872; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 17. Heft. Wien, 1872; 4°.

II. SITZUNG VOM 9. JÄNNER 1873.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Hofrath Freih. v. Burg den Vorsitz.

Die Lese- und Redehalle der deutschen Studenten zu Prag dankt, mit Schreiben vom 30. December 1872, für die ihr im abgelaufenen Jahre gespendeten akademischen Druckschriften.

Die *Société d'Histoire Naturelle de Colmar* dankt, mit Schreiben vom 4. Jänner l. J., für den mit ihr eingegangenen Schriftentausch.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die Haut einiger Sternwürmer *(Gephyrei)*“, vom Herrn Dr. Vitus Graber in Graz, eingesendet durch Herrn Prof. Dr. K. Peters.

„Über den Zusammenhang zwischen Absorption und Brechung des Lichtes“, vom Herrn Karl Puschl, Capitular des Benedictinerstiftes Seitenstetten.

„Zweiter Beitrag zur Kenntniss der Perforationen an Pflanzengefässen“, vom Herrn Dr. Eduard Tangl, Privatdocenten an der Universität in Lemberg.

Herr Heinrich Rokotnitz, stud. jur., hinterlegt ein versiegeltes Schreiben zur Wahrung der Priorität.

Herr Director Dr. J. Stefan überreicht eine Abhandlung: „Experimentelle Bestimmung der Dielektricitätsconstante von Isolatoren“, vom Herrn Prof. Dr. Ludwig Boltzmann in Graz.

Herr Hofrath Dr. E. Ritt. v. Brücke übergibt eine Abhandlung des Herrn Dr. Victor Urbantschitsch, betitelt: „Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Paukenhöhle.“

Herr Prof. Dr. L. Ditscheiner überreicht eine Abhandlung: „Über das Intensitätsverhältniss und den Gangunterschied der bei der Beugung auftretenden senkrecht und parallel zur Einfallsebene polarisirten Strahlen“.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Königl., zu Berlin: Abhandlungen aus dem Jahre 1871. Berlin, 1872; 4°.

— — Königl. Bayer., zu München: Abhandlungen der philos.-philolog. Classe. XII. Bandes 3. Abthlg. München, 1871; 4°; Abhandlungen der mathem.-physik. Classe. XI. Bandes 1. Abthlg. München, 1871; 4°. (Nebst den betreffenden Separatabdrücken.) — Erlenmeyer, Emil, Die Aufgabe des chemischen Unterrichtes gegenüber den Anforderungen der Wissenschaft und Technik. München 1871; 4°. — Friedrich, Johann, Über die Geschichtsforschung unter dem Kurfürsten Maximilian I. München, 1872; 4°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1916. (Bd. 80. 20.) Altona, 1872; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 25. Paris, 1872; 4°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XV, (neuer Folge V), Nr. 12. Wien, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 1. Wien, 1873; 4°.

Lund, Universität: Acta. Philosophi, språkvetenskap och historia. 1869; Theologi. 1870; Mathematik och Naturvetenskap. 1869 & 1870. Lund, 1869—1871; 4°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band 1872, Heft XII. Gotha; 4°.

Moniteur scientifique du Dr. Quesneville. 3ᵉ Série. Tome III. 373ᵉ Livraison. Paris, 1873; 4°.

Museum d'histoire naturelle de Paris: Nouvelles Archives. Tome IVᵉ, 3ᵉ—4ᵉ fascicules. (1868); Tome Vᵉ, 1ᵉʳ—4ᵉ fasc. (1869); Tome VIᵉ, 1ᵉʳ—4ᵉ fasc. (1870); Tome VIIᵉ, 1ᵉʳ—4ᵉ fasc. (1871). Paris; 4°.

Nature. Nr. 166, Vol. VII. London. 1873; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI. Nr. 11. Torino, 1872; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIᵉ Année, 2ᵉ Série, Nr. 27. Paris, 1873; 4°.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou: Bulletin. Année 1873, Nr. 3. Moscou; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 1. Wien, 1872; 4°.

Zürich, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften von Ostern 1871 bis Michaelis 1872. 4° & 8°.

Über den Zusammenhang zwischen Absorption und Brechung des Lichtes.

Von **Carl Puschl**,
Capitular des Benediktinerstiftes Seitenstetten.

In einer vor mehreren Jahren erschienenen Abhandlung[1] habe ich die Hypothese aufgestellt, der zwischen den Atomen der Körper vorhandene Äther besitze dieselbe Elasticität und Dichte und pflanze das Licht mit der gleichen Geschwindigkeit fort, wie der Äther des leeren Raumes, und die Verzögerung (folglich auch Brechung) eines Lichtstrahles in durchsichtigen Körpern komme blos daher, dass derselbe nicht durch den Äther allein, sondern auch durch die Substanz der auf seinem Wege getroffenen Atome hindurch fortgepflanzt und nur in den innerhalb der Atome zurückgelegten Wegstücken verzögert werde. Die mittlere Geschwindigkeit auf dem so abwechselnd durch Äther und Atomsubstanz führenden Wege ist hiernach die dem bezüglichen Körper eigenthümliche Lichtgeschwindigkeit. Bedeutet d die Dichte eines Körpers und n den Brechungsexponenten eines durchgehenden Lichtstrahles, ferner δ die Dichte eines Atoms dieses Körpers und ν den Brechungsexponenten desselben Lichtstrahles für seine Fortpflanzung in der Substanz eines Atoms, so ergibt sich aus der obigen Vorstellung (wie ich in der erwähnten Abhandlung gezeigt habe) die Gleichung

$$\frac{n-1}{d} = \frac{\nu-1}{\delta}$$

---

[1] Das Strahlungsvermögen der Atome, als Grund der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Körper. Von C. Puschl. Wien 1869.

und sofern man die den Atomen eigenthümlichen Werthe von δ und ν als unabhängig von den gegenseitigen Abständen derselben ansehen kann, hat man also die Constanz der specifischen Brechungskraft $\frac{n-1}{d}$ eines Körpers bei Veränderungen seiner Dichte; eine Folgerung, welche der Erfahrung gemäss mit grösster Annäherung wirklich erfüllt ist, und welche Ketteler z. B. für die schwefelige Säure für die ausserordentlich weiten Grenzen vom gasförmigen bis zum flüssigen Aggregatzustande vollkommen bestätigt findet.

Die partielle Mitbewegung des Lichts in einem bewegten Körper erklärt sich nach dieser Vorstellung daraus, dass dasselbe einen Theil seines Weges in den wirklich fortbewegten Atomen und den anderen Theil in dem dabei in Ruhe bleibenden Äther zurücklegt; nur in den durch Atomsubstanz gehenden Wegstücken also wird das Licht mitbewegt. Heisst c die Geschwindigkeit des bewegten Körpers und geht durch denselben in der Richtung seiner Bewegung ein Lichtstahl, so wird dieser (wie sich a. a. O. ausgeführt findet) um den Betrag[1]

$$\frac{n^2-1}{n^2} \cdot c$$

beschleunigt; bei entgegengesetzter Richtung des Lichtstrahles wird er um den gleichen Betrag verzögert. Eben dieses aber ist die Grösse der Mitbewegung des Lichts, welche die Physiker, und zuerst Fresnel, aus astronomischen Beobachtungsdaten erschlossen haben und welche Fizeau auch bei einem Versuche mit bewegtem Wasser wirklich erhalten hat. Zur Erklärung

---

[1] Die genaue Formel dieses Betrages lautet

$$\frac{n^2-1+\frac{d}{\delta}}{n^2} \cdot c;$$

sie geht in die obige über, wenn die gegenseitigen Abstände der Atome mehrfach grösser sind als deren Dimensionen, indem dann der Bruch $\frac{d}{\delta}$ (das Verhältniss der Körperdichte zur Dichte der Atome) vernachlässigt werden kann. In diesem Falle befinden sich ohne Zweifel alle Körper.

dieser Thatsache nahm man bisher an, der Äther, als einziges Medium der Lichtfortpflanzung, sei in den Körpern, bei gleicher Elasticität wie im leeren Raum, durch Einwirkung der Atome verdichtet und werde in gewisser Menge von diesen mit fortbewegt, und man kann hiernach den entsprechenden als mitbewegt zu denkenden Theil der ganzen in einem durchsichtigen Körper enthaltenen Äthermenge aus dem bezüglichen Brechungsexponenten des Lichtes berechnen. Allein da den verschiedenen Lichtgattungen in demselben Körper verschiedene Brechungsexponenten entsprechen, so würden für die relative Menge des mitbewegten Äthers, je nach der angewandten Lichtgattung, verschiedene Werthe folgen, und da nach den neuesten Untersuchungen von Kundt der Brechungsexponent für stark absorbirte Lichtgattungen sehr gross werden kann (anomale Dispersion), so wäre für solche fast der ganze in dem bezüglichen Körper vorhandene Äther als mitbewegt anzunehmen, während die Brechungsexponenten der von demselben Körper gut durchgelassenen Lichtgattungen bedeutend kleinere Werthe der mitbewegten Äthermenge ergäben. Diese Hypothese erscheint hiernach als kaum annehmbar, und es dürfte dagegen die oben ausgesprochene Vorstellung einige Beachtung verdienen[1]. Als wichtigste Consequenz der letzteren betrachte ich aber unter den gegenwärtigen Umständen die Beziehung, in welche sie die Absorption des Lichtes in den Körpern zu dessen Brechung oder Fortpflanzungsgeschwindigkeit bringt.

Nach unserer Hypothese ist die Dispersion, wie die Brechung überhaupt, lediglich an die Beschaffenheit der Atome geknüpft; es werden nämlich die verschiedenen Lichtgattungen durch den Äther zwischen den Atomen mit gleicher, durch die Substanz der Atome hindurch aber mit ungleicher Geschwindigkeit fort-

---

[1] Nachträglich bei der Correctur des Druckes füge ich hier die Bemerkung ein, dass Ketteler's werthvolle Beobachtung, das Verhalten des ordinären und des extraordinären Strahles in einem bewegten doppeltbrechenden Mittel betreffend (Poggendorff's Annalen, 11. Heft, 1872), deren vom Experimentator nicht erwartetes (negatives) Resultat denselben zu einer Modification der Fresnel'schen Theorie veranlasst, inzwischen unsere Vorstellung, welche dieses Resultat verlangt, in der schönsten Weise bestätigt hat.

gepflanzt. Der mögliche Grund dieser ungleichen Lichtgeschwindigkeit in den Atomen kann hier, wo es sich nicht um eine Erklärung der Dispersion selbst, sondern ihres Zusammenhanges mit der Absorption handelt, ausser Frage bleiben. Nun wird im Allgemeinen ein Atom an seiner Grenzfläche einen desto grösseren Theil eines einfallenden Lichtstrahles zurückwerfen, je langsamer der in dasselbe eintretende Theil in der Substanz des Atoms sich vorwärts bewegt, und jedenfalls wird eine grosse Ungleichheit der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten verschiedener Lichtgattungen innerhalb der Masse eines Atoms zugleich eine grosse Ungleichheit der an seinen Grenzen reflectirten Strahlenantheile zur Folge haben; mit anderen Worten: Ein auswählendes Fortpflanzungsvermögen eines Atoms bedingt zugleich ein auswählendes Reflexionsvermögen desselben.

Denken wir uns jetzt in einen gewissen Körper zwei homogene Lichtstrahlen von ursprünglich gleicher Intensität eintretend, an dessen Atomen der eine Strahl verhältnissmässig starke, der andere dagegen unmerklich schwache partielle Reflexionen erfährt, so wird ersterer durch die zahllosen an den Atomen auf seinem Wege erlittenen Reflexionen eine starke allseitige Zerstreuung und unter Ansammlung der zerstreuten Strahlentheile in den Zwischenräumen der Atome eine solche Schwächung erfahren, dass er nur eine mehr oder weniger dünne Schicht jenes Körpers mit noch wahrnehmbarer Intensität zu durchdringen vermag, während der andere Strahl durch eine gleiche Schicht mit geringer Schwächung geht. Eine hinreichend dicke Schicht dieses Körpers ist dann für den einen Strahl opak, während sie für den anderen noch transparent ist. Den in einem Körper zurückbleibenden Theil eines Lichtstrahles heisst man absorbirt[1]; der gedachte Körper besitzt also für

[1] Das absorbirte Licht wird also zunächst in dem Äther der Zwischenräume der dasselbe reflectirenden Atome zurückbehalten, aus deren Netzwerk es nur langsam und (in der Regel) unsichtbar wieder entweicht. Diese hauptsächliche Art von Absorption involvirt selbst keine Veränderung an Strahlenmenge, ist aber stets begleitet von jener Art Absorption, wodurch auf Kosten der Strahlenmenge eine Bewegung oder Ortsveränderung der Atome erzeugt wird. Dies gilt natürlich auch von der Absorption dunkler

die zwei angewandten Lichtgattungen ein auswählendes Absorptionsvermögen.

Dieser Vorstellung gemäss ist die Absorption des Lichts durch einen Körper, wie die Brechung, lediglich an die Beschaffenheit seiner Atome gebunden, und zwar eine mittelbare Folge des auswählenden Fortpflanzungsvermögens derselben. Wenn also ein Körper eine gewisse Strahlengattung sehr stark absorbirt, so müssen seine Atome dieselbe durch ihre Masse hindurch besonders langsam fortpflanzen, und dieser Körper wird daher bezüglich derselben Strahlengattung einen besonders grossen (anomalen) Brechungsexponenten besitzen. In der That ist ein Zusammenhang zwischen Absorption und anomaler Brechung durch Kundt's bezügliche Untersuchungen ausser Zweifel gestellt.

Wenn die Atome eines Körpers an ihren Grenzflächen eine gewisse Strahlengattung besonders stark reflectiren, während sie andere leicht durch ihre Masse hindurch lassen, so wird auch der Körper selbst an seiner Oberfläche jene Strahlengattung in vorzüglichem Masse zurückwerfen, d. h. er wird für dieselbe ein auswählendes Reflexionsvermögen besitzen. Auswählende Absorption und auswählende Reflexion müssen also mit einander verbunden sein, und ein Körper, welcher im Spectrum des von ihm durchgelassenen Lichtes dunkle Streifen zeigt, wird an deren Stelle helle Streifen im Spectrum des reflectirten Lichtes haben (übermangansaures Kali). Einen solchen schon früher, namentlich von Stokes bemerkten Zusammenhang hat Kundt bei allen von ihm untersuchten festen und flüssigen Körpern gefunden.

Nach dem Gesagten können die Körper im Allgemeinen bezüglich verschiedener auf sie einfallender Strahlengattungen in dreifacher Beziehung eine Auswahl treffen: sie besitzen ein auswählendes Brechungs-, Reflexions- und Absorptionsvermögen. Ersteres ist das ursprüngliche und der Grund der beiden anderen.

Wärmestrahlen. (Vergl. meine Abhandlung: „Über Wärmemenge und Temperatur der Körper." Sitzungsberichte der kais. Akad. der Wissensch. Juni 1870.)

Wie Kundt vermuthet, werden die von ihm für feste und flüssige Körper gefundenen Sätze auch für die Gase gelten. Ich erlaube mir, diesen Gedanken hier für eine die Astronomen und Physiker in hohem Grade beschäftigende Frage zu verwerthen. Wenn nämlich eine Gasart gewisse Lichtgattungen besonders stark absorbirt, während sie andere fast ungeschwächt durchlässt, so muss eine freischwebende Masse dieser Gasart die stark absorbirten Strahlen auch verhältnissmässig stark reflectiren, während sie die anderen ohne erhebliche Reflexion durch sich hindurchlässt. Die der Hauptsache nach aus Gasen bestehenden Kometen können demnach im reflectirten Sonnenlichte helle Spectralstreifen zeigen. Es scheint mir demgemäss nicht nothwendig, die kometarischen Gase wegen der hellen Streifen ihres Spectrums als selbstleuchtend und in Glühhitze befindlich anzunehmen, und die das Selbstleuchten dieser Himmelskörper voraussetzende Hypothese Zöllner's über die Natur der Vorgänge in den Kometen dürfte auch in solcher Hinsicht auf schwachem Grunde stehen.

III. SITZUNG VOM 16. JÄNNER 1873.

Herr Prof. Dr. E. Mach in Prag übersendet eine in Gemeinschaft mit Herrn Studios. A. Fischer ausgeführte Arbeit, betitelt: „Versuche über Reflexion und Brechung des Schalles."

Derselbe übersendet ferner eine Abhandlung des Herrn Assistenten V. Dvořák: „Zur Theorie der Talbot'schen Streifen."

Herr Dr. Jos. Kolbe, Prof. an der Wiener polytechn. Hochschule, übermittelt eine Abhandlung, betitelt: „Beweis eines Satzes über das Vorkommen complexer Wurzeln in einer algebraischen Gleichung."

Herr Prof. Dr. Th. Ritter v. Oppolzer bespricht die neueste, am 2. December v. J. in Madras gelungene Kometenentdeckung.

Herr Prof. Dr. V. v. Lang überreicht eine Abhandlung über einen von ihm construirten „Spiegelgalvanometer mit regulirbarer Dämpfung."

Herr Hofrath Dr. H. Hlasiwetz übergibt eine für den Anzeiger bestimmte vorläufige Mittheilung, betreffend eine in seinem Laboratorium vom Herrn Dr. H. Weidel in Angriff genommene Untersuchung über einige Alkaloide.

Herr Dr. J. Nowak legt eine Abhandlung: „Über die Harnstoffbestimmung mittelst titrirter salpetersaurer Quecksilberlösungen" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia Olimpica di Vicenza: Atti. 1° Semestre 1872. 8°.

Anales del Museo público de Buenos Aires. Entrega 8ª & 9ª. Buenos Aires, Paris & Halle, 1871; 4°.

Annalen der Münchener Sternwarte. XII. Supplementband. München, 1872; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt.) 11. Jahrgang, Nr. 2. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1917 (Bd. 80. 21.) Altona, 1873; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 26—27. Paris. 1872; 4°.

Gesellschaft für Salzburger Landeskunde: Mittheilungen. XII. Vereinsjahr 1872. Salzburg; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 24. Wien, 1872; 4°.

— Senckenbergische naturforschende: Bericht 1871—1872. Frankfurt, 1872; 8°.

— Astronomische, in Leipzig: Vierteljahrsschrift. VII. Jahrgang, 4. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 2. Wien, 1873; 4°.

Haeckel, Ernst, Die Kalkschwämme. Eine Monographie in zwei Bänden Text und einem Bande Atlas mit 60 Tafeln Abbildungen. Berlin, 1872; kl. 4°.

Institute, The Anthropological, of Great Britain and Ireland: Journal. Vol. II, Nr. 2. London, 1872; 8°. — List of the Members. March 1872. 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 1. Graz, 1873; 4°.

Nature. Nr. 167, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Radcliffe Observatory, Oxford: Results of Astronomical and Meteorological Observations, made in the Year 1869. Oxford, 1872; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." 2ᵉ Année, IIᵉ Série, Nr. 28. Paris, 1873; 4°.

Société des Sciences naturelles de Neuchatel: Bulletin. Tome IX, 2ᵉ Cahier. Neuchatel, 1872; 8°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XIXᵉ, 1872. Revue bibliographique A—B. Paris; 8°.

Society, The Edinburgh Geological: Transactions. Vol. II, Part 1. Edinburgh, 1872; 8°.

— The Chemical, of London: Journal. Ser. 2, Vol. X. August to October 1872. London; 8°.

— The Royal Geographical, of London: Proceedings. Vol. XVI, Nrs. 3—4. London, 1872; 8°.

Society, The Linnean, of London: Transactions. Vol. XXVII, Part 4. (1871); Vol. XXVIII, Parts 1 & 2. (1871 & 1872); Vol. XXIX, Part 1. (1872.) London; 4°. — Journal. Botany: Vol. XIII, Nrs. 66—67 (1872); Zoology. Vol. XI, Nrs. 53—54. (1871). 8°. — Proceedings. Session 1871—72. 8°. — List. 1871. 8°.

Verein, naturwissenschaftl., zu Bremen: Abhandlungen: Beilage Nr. 2. Bremen, 1872; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 2. Wien, 1873; 4°.

Experimentelle Bestimmung der Dielektricitätsconstante von Isolatoren.

Von **Ludwig Boltzmann** in Graz.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Jänner 1873.)

Schon Faraday hatte in der 11. Serie seiner Experimentaluntersuchungen (Pogg. Ann. Bd. 47, S. 1 u. 537) gefunden, dass die Capacität von Condensatoren nicht blos von der Gestalt und dem Abstande der Metallplatten, sondern auch von der Beschaffenheit der isolirenden Zwischenschicht abhängt. Siemens war der erste, welcher, indem er die Condensatoren mit galvanischer Elektricität lud, eine genauere Bestimmung dieser Abhängigkeit ermöglichte und mittelst seiner Wippe nochmals constatirte, dass diese Erscheinung nicht von dem allmäligen Eindringen der Elektricität in den Isolator herrühren kann (Pogg. Ann. Bd. 102, S. 66). Endlich sind hier noch die Untersuchungen von Gibson und Barklay zu erwähnen, welche die Veränderung der Capacität von Condensatoren durch dazwischengebrachtes Paraffin untersuchten (Phil. mag. IV. Ser. vol. 41, p. 543; die ausführliche Beschreibung ihres Verfahrens konnte ich nicht finden). Man nennt diese Eigenschaft der Isolatoren, die Capacität der Condensatoren zu verändern, oder allgemeiner gesprochen, die Vertheilung der Elektricität auf in der Nähe befindlichen Leitern zu verändern, nach Faraday ihre Dielektricität. Nachdem schon Clausius die Theorie des Einflusses einer dielektrischen Schicht auf die Elektricitätsvertheilung auf einer Franklin'schen Tafel entwickelt hatte (siehe dessen Abhandl. Samml. 2. Theil, p. 135), wurde eine ausführliche Theorie derselben zuerst von Maxwell (Lond. Philosoph. Transact. vol. 155, part I, p. 459) und später noch vollständiger von Helmholtz (Borchhardt's Journal, Bd. 72, S. 57) gegeben. Nach derselben ändert sich das elektrische Potential

beim Eintritt in den dielektrischen Körper continuirlich; sein Differentialquotient aber in der Richtung der auf den Körper gezogenen Normalen macht einen Sprung, und zwar so, dass, wenn wir mit $\frac{\partial V}{\partial N_a}$ den Werth dieses Differentialquotienten an der Aussenseite, mit $\frac{\partial V}{\partial N_i}$ aber den an der Innenseite des Isolators bezeichnen (beide Normalen nach derselben Richtung des Raumes hin gezogen), der Quotient $\frac{\partial V}{\partial N_a} : \frac{\partial V}{\partial N_i}$ eine blos von der Natur des Isolators abhängige Constante ist, welche wir seine Dielektricitätsconstante nennen wollen. Aus dieser Bedingung und der Bedingung, dass V im Innern sämmtlicher Isolatoren ebenfalls der Gleichung $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0$ genügt, lässt sich die Vertheilung der Elektricität auf jedem gegebenen Systeme von Leitern und Isolatoren berechnen, wenn erstere von gegebenen Elektricitätsquellen geladen werden. Es schienen mir die bisherigen Versuche, aus denen diese Dielektricitätsconstante berechnet wurde oder doch berechnet werden könnte, und welche grösstentheils nicht direct in dieser Absicht angestellt wurden, nicht jene Genauigkeit zu besitzen, welche sich mit den gegenwärtigen elektrostatischen Messapparaten erzielen lässt, und ich stellte mir daher zunächst die Aufgabe, einige Isolatoren, soweit es anging, zu prüfen, ob ihr Verhalten der Theorie Maxwell's und Helmholtz' entspräche oder nicht, und im ersteren Falle ihre Dielektricitätsconstante so genau als möglich zu bestimmen. Die von mir gefundenen Zahlen weichen in der That erheblich von denen der übrigen Beobachter ab, wie die Zusammenstellung im Schlussparagraphen dieser Abhandlung zeigt. Von besonderer Bedeutung für unsere Anschauung von der Constitution der Materie wurde die Dielektricitätsconstante durch die Theorie Maxwell's (am bereits citirten Orte), nach welcher, wenn Elektricität und Licht Schwingungen ein und desselben Mediums sind, der Brechungsquotient das geometrische Mittel zwischen der Dielektricitäts- und Magnetisirungsconstante sein muss. Die kleine, am Schlusse des §. 12 beigefügte Tabelle zeigt, dass meine bisherigen Beobachtungen

diese Theorie bestätigen, wenngleich von einer definitiven Bestätigung derselben erst nach viel mannigfaltigeren, mit grösseren Mitteln ausgeführten Versuchen gesprochen werden könnte, die ich, wenn mir die Möglichkeit geboten würde, baldigst in Angriff nehmen würde.

Das Verfahren, welches ich hiebei einschlug, war folgendes:

Es wurde zuerst die Capacität eines gewöhnlichen Kohlrausch'schen Condensators mit zwei vertical stehenden Metallplatten bei verschiedener Distanz der Platten gemessen. Dieselbe ergab sich nach Abzug der Capacität der Zuleitungsdrähte der Plattendistanz verkehrt proportional, ein Zeichen, dass die am Rande der Condensatorplatten aufgehäufte Elektricität ohne störenden Einfluss war. Unter Capacität eines Leiters im Allgemeinen verstehe ich die Elektricitätsmenge, welche derselbe annimmt, wenn er von einer Elektricitätsquelle (z. B. einer galvanischen Batterie) vom Potentiale 1 geladen wird. Dieselbe hängt natürlich von den umgebenden leitenden oder dielektrischen Körpern ab. Unter der Capacität eines Condensators speciell verstehe ich die Elektricitätsmenge, welche die eine Platte desselben aufnimmt, wenn sie mit einer Elektricitätsquelle vom Potentiale 1 geladen wird, während die andere mit der Erde verbunden ist. Dann wurden zwischen die beiden Condensatorplatten Schichten aus der isolirenden Substanz von verschiedener Dicke gebracht, und abermals seine Capacität bestimmt, wobei jedesmal die Dicke der isolirenden Platte, sowie die Distanz der Condensatorplatten genau gemessen wurde. Damit die Distanz der Condensatorplatten durch das Dazwischenschieben des Isolators keine Veränderung erfahre, durfte derselbe den Raum zwischen denselben nicht vollkommen ausfüllen. Nach der Maxwell-Helmholtz'schen Theorie ist die Capacität des Condensators unter Vernachlässigung der am Plattenrande befindlichen Elektricität blos abhängig von der Distanz m der Condensatorplatten und der Dicke n der dielektrischen Schicht, nicht aber von deren Lage innerhalb der Condensatorplatten, und zwar ist sie, wenn D die Dielektricitätsconstante der Zwischenschicht ist, verkehrt proportional dem Ausdrucke $m - n + \frac{n}{D}$

also verkehrt proportional der Distanz der Condensatorplatten, wobei jedoch der von der dielektrischen Schicht erfüllte Raum so zu zählen ist, als ob er *D*mal so dünn wäre. Mittelst dieses Satzes, der durch mannigfaltige Versuche mit verschieden dicken isolirenden Platten und verschiedenen Distanzen der Condensatorplatten für jede derselben bestätigt wurde, kann der Einfluss der zwischen den Condensatorplatten ausser dem Dielektricum noch vorhandenen Luftschicht berechnet und die Dielektricitätsconstante gefunden werden, für die sich folgende Werthe ergaben:

für Hartgummi . . . 3·15
„ Paraffin . . . . . 2·32
„ Schwefel . . . . 3·84
„ Colophonium . 2·55

Zur Messung der Elektricitätsmengen benützte ich das Elektrometer von Thomson, zur Ladung des Condensators eine Batterie von 18 Daniell'schen Elementen. Um die Capacität des Condensators zu messen, wurde zuerst das Elektrometer direct mit der Batterie geladen und der Ausschlag abgelesen. Dann wurde eine Condensatorplatte mit der Batterie geladen, während die andere mit der Erde in Verbindung war. Hierauf die geladene Condensatorplatte von der Batterie getrennt und mit dem Elektrometer verbunden. Es ging nur ein Theil ihrer Elektricität auf das Elektrometer über; der Ausschlag desselben war also jetzt kleiner als früher und aus beiden Ausschlägen konnte das Verhältniss der Capacität des Condensators zu der des Elektrometers bestimmt werden. (Wären z. B. beide Capacitäten gleich, so hätte der Condensator dem Elektrometer die Hälfte seiner Elektricität mitgetheilt, der Ausschlag wäre also jetzt halb so gross als früher.) Es konnte also die Capacität des Condensators gemessen werden, wenn man die des Elektrometers als Einheit wählt, was erlaubt ist, da es sich immer nur um das Verhältniss zweier Capacitäten handelt. Um zu constatiren, ob das Eindringen der Elektricität in den Isolator nicht störend wirkt, wurde der Versuch einmal so ausgeführt, dass die Condensatorplatte durch ein paar Sekunden mit der Batterie geladen wurde, und ihre darauffolgende Verbindung mit dem Elektrometer etwa

eine Minute dauerte, dann wieder so, dass der Versuch nur einen Bruchtheil einer Sekunde währte. Es zeigte sich bei den oben erwähnten Substanzen keine bemerkbare Differenz. Ausserdem wurde der Condensator längere Zeit geladen, hierauf für einen Moment entladen, und dann mit dem Elektrometer verbunden. Er gab nachträglich keine Elektricität mehr an dasselbe ab, wie es bei unvollkommenen Isolatoren der Fall ist. Um auch noch den Fall zu prüfen, wo ausser dem Dielektricum sich keine Luft zwischen den Condensatorplatten befindet, legte ich die isolirende Platte auf einen Quecksilberspiegel und goss Quecksilber darüber, dessen Abfliessen durch einen Papierrand verhindert wurde, um die beiden an der Platte anliegenden Quecksilberflächen als Condensatorflächen zu benützen. Die so erhaltenen Resultate stimmten mit den früheren. Zum Schlusse machte ich einige Versuche an unvollständigen Isolatoren (Glas, Stearin, Guttapercha), deren Verhalten der Elektricität gegenüber sich auf diesem Wege ebenfalls am besten dürfte prüfen lassen. Dieselben zeigen jedoch unter den verschiedenen Umständen (bei langsamer und rascher Ladung und Entladung, bei dicht und lose anliegenden Condensatorplatten ein so verschiedenes Verhalten, dass es mir an Zeit gebrach, dasselbe zu prüfen. Ich will nun eine genaue Beschreibung der Details der Versuche folgen lassen.

§. 1.

Das Elektrometer.

Das zur Messung der Elektricitätsmengen benützte Elektrometer war das von Thomson construirte Quadrantelektrometer, verfertigt von White in Glasgow. Eine ausführliche Beschreibung dieses vortrefflichen, aber ziemlich complicirten Instrumentes würde mich hier zu weit führen. Ich will mich daher mit der Auseinandersetzung des Princips begnügen, worauf dasselbe beruht, und dann einige Vorsichtsmassregeln aufzählen, deren Anwendung mir bei seinem Gebrauche unerlässlich schien. Im Elektrometer ist ein ∞förmiger Aluminiumstreifen bifilar aufgehängt, so dass seine Ebene horizontal ist. Derselbe ist durch einen feinen Platindraht mit der am Boden des Elektrometers

befindlichen Schwefelsäure in leitender Verbindung, und wird, wenn man das Instrument gebrauchen will, sammt der Schwefelsäure ziemlich stark elektrisirt. Das Innere des Elektrometers isolirt so gut, dass sich die Elektricität der Schwefelsäure und des Aluminiumstreifens, deren Abnahme durch ihre verminderte Anziehung auf eine kleine Platinfeder sogleich zu erkennen ist, während eines Tages kaum erheblich vermindert. Dieselbe kann mittelst eines kleinen Influenzmaschinchens wieder verstärkt werden, das sich im Elektrometer befindet und durch einen daraus hervorragenden Knopf gedreht wird. Der Aluminiumstreifen ist mit vier metallenen Quadranten schachtelartig umgeben. Fig. 1 stellt den Aluminiumstreifen sammt einem der Quadranten in ihrer gegenseitigen Lage perspectivisch dar. Fig. 4 ist die Ansicht der von den Quadranten gebildeten Schachtel von oben; der tiefer liegende Aluminiumstreifen ist punktirt. Zwei gegenüberstehende Quadranten *A* und *C*, Fig. 2, waren während meiner Versuche beständig mit der Erde leitend verbunden. Waren auch die beiden übrigen unelektrisch, so spielte der Aluminiumstreifen gerade unter den beiden Schlitzen *E* und *F* ein. Wurde dagegen jenen beiden Quadranten Elektricität mitgetheilt, so schlug das Aluminiumplättchen aus, mit dem ein kleiner Hohlspiegel verbunden war, der das Bild einer schmalen Petroleumflamme auf eine fixe Scala warf. Die Lagenveränderung dieses Bildes mass den Ausschlag der Aluminiumplatte. Petroleumflamme und Scala hatte vom Spiegel eine Distanz von ungefähr einem Meter. Die Scala hatte 720 Theilstriche in der Distanz von je 0·643 Millimeter; bei 360 war die Ruhelage. Es war zunächst zu bemerken, dass, wenn die beiden Quadranten *B* und *D* längere Zeit geladen und dann entladen wurden, sich die Ruhelage immer etwas im Sinne des früheren Ausschlages verschoben zeigte. Dies konnte keine Folge der elastischen Nachwirkung der zur Bifilaraufhängung verwendeten Coconfäden sein, da es nicht eintrat, wenn der Aluminiumstreifen durch mechanische Mittel abgelenkt wurde. Es kam wahrscheinlich von einer Elektricitätsmittheilung an die Stützen, welche die Quadranten trugen. In Folge dieser Elektricitätsmittheilung vergrösserte sich der Ausschlag auch mit der Zeit, wenn die Elektricitätsquelle vollkommen constant blieb. Um

daher vergleichbare Resultate zu erhalten, wurde die Ablesung immer etwa 40 Secunden nach der Ladung gemacht, und die Ruhelage wieder etwa 40 Sekunden nach der Entladung abgelesen. Bei Anwendung dieser Vorsichtsmassregel zeigten die Ausschläge die grösste Regelmässigkeit. Wenn man einen Pol mit dem Elektrometer, den anderen mit der Erde verbindet, so gaben 6 Daniell'sche Elemente einen Ausschlag von etwas über 300 Scalentheilen, und wenn dieser Ausschlag mehrmals nach einander gemessen wurde, war der Unterschied höchstens $^1/_2$ Scalentheil, so dass also der Fehler bei Messung der Spannung nicht $^1/_6$ Perc. überstieg. Es zeigte sich übrigens, dass man auch ziemlich gute Resultate erhalten konnte, wenn man das Elektrometer länger geladen liess, sobald man nur die zu jeder Ablesung gehörige Ruhelage 40 Sekunden nach der Entladung bestimmte. Die Batterie darf übrigens niemals auch nur einen Moment in sich geschlossen werden, weil dadurch sogleich ihre elektromotorische Kraft ein wenig abnimmt. Der durch eine bestimmte Elektricitätsmenge bewirkte Ausschlag war dieser Elektricitätsmenge nicht genau proportional. Wollte man daher die Ausschläge als Mass der Elektricitätsmengen betrachten, so musste an denselben eine Correction angebracht werden. Um dieselbe zu bestimmen, las ich die beiden Ausschläge ab, welche zwei verschiedene Daniell'sche Elemente hervorbrachten, dann den Ausschlag, welchen beide zusammen bewirkten. Da die Zuleitungsdrähte, bis auf eine durch eine Siegellackstütze getragene Stelle durch die Luft gingen, und auch die Elemente gut von einander isolirt waren, so war nirgends eine Nebenschliessung; es war also die im letzten Falle dem Elektrometer mitgetheilte Elektricitätsmenge die Summe der durch jedes einzelne Element mitgetheilten. Der Unterschied des letzteren Ausschlages von der Summe der beiden früheren lieferte also die am letzteren Ausschlage anzubringende Correction. Hierauf wurde ein drittes Element, dann alle drei u. s. w. mit dem Elektrometer verbunden, bis für hinlänglich viele Ausschläge die zugehörige Correction bestimmt war. Ich bemerke noch, dass die ganze Beobachtungsreihe dann in der umgekehrten Ordnung wiederholt wurde, so dass ich mit der Einschaltung desjenigen Elementes wieder aufhörte, mit dem ich begonnen hatte. Für jeden

Ausschlag wurde dann das Mittel der in beiden Fällen beobachteten genommen. Eine derartige Umkehrung nahm ich fast bei jeder Beobachtungsreihe ohne Ausnahme vor, nicht blos der Controle halber, sondern auch damit sich kleine durch Abnahme der Elektrisirung des Elektrometers oder Schwankung der elektromotorischen Kraft der Elemente erzeugte Fehler thunlichst eliminiren. Die Resultate dreier derartiger Graduirungen des Elektrometers sind in folgender Tabelle zusammengestellt, welche unter *a* die Ausschläge, unter *b* die Correctionen in Scalentheilen enthält, welche von den Ausschlägen subtrahirt werden müssen, damit dieselben der Elektricitätsmenge proportional seien.

a	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*
320	10	331	10	334	11
265	6	274	6½	276	7
212	4	218	4½	220	4¼
104	1	100	1	109	1
208	½	214	½	217	1
261	1½	268	1½	273	2
316	4½	324	4¼	329	5

Die vier ersten Ausschläge waren nach der Seite der kleineren Ziffern der Scale zu, die drei letzten nach der entgegengesetzten. Die Ruhelage war beim Theilstrich 360. Die drei Graduirungen zeigen eine so grosse Übereinstimmung und Regelmässigkeit, dass ich die zu den übrigen Ausschlägen gehörigen Correctionen durch Interpolation mit genügender Genauigkeit finden zu können glaubte. Dieselben sind in folgender Tabelle für denjenigen Theil der Scale zusammengestellt, dessen Ziffern kleiner als 360 sind, und den ich allein benützte; unter *a* sind die Ausschläge, unter *b* sind zwischen je zweien die Correctionen angegeben, welche ich vom Ausschlage subtrahirte, wenn dieselbe zwischen jenen beiden Ausschlägen lag.

a		a	b	a	b	a	b	a	b
80	0	197	2	254	4	295	6	329	8
110	¼	206	2¼	260	4¼	300	6¼	333	8¼
130	½	214	2½	265	4½	305	6½	337	8½
145	¾	222	2¾	270	4¾	309	6¾	341	8¾
160	1	229	3	275	5	313	7	346	9
170	1¼	236	3¼	280	5¼	317	7¼	349	9¼
179	1½	242	3½	285	5½	321	7½	353	9½
188	1¾	248	3¾	290	5¾	325	7¾	356	9¾
	2		4		6		8		10

In dieser Tabelle ist zu jeder Correction ein dem Ausschlage proportionales Glied addirt worden, was, da es sich blos um Verhältnisse handelt, nichts schadet. Dieselbe wurde gegen Schluss der Versuche noch einmal durchgeprüft und richtig befunden. Die erste Tabelle zeigt, dass die Correction nicht symmetrisch zu beiden Seiten der Ruhelage ist, was wohl von einer etwas unsymmetrischen Construction des Elektrometers herrührt. Denn ich hatte nicht unterlassen, die Bifilaraufhängung so zu reguliren, dass der am Aluminiumstreifen befestigte Spiegel bei der Gleichgewichtslage desselben im unelektrisirten Zustande der äusseren Glasplatte des Instrumentes parallel war und nach der Elektrisirung die Quadranten so zu verschieben, dass die Ruhelage des Spiegels durch die Elektrisirung nicht verändert wurde. Es hätte diese Unsymmetrie vielleicht durch Verschiebung der Quadranten behoben werden können; es war aber einfacher, dieselbe durch die an den Ablesungen angebrachte Correction zu eliminiren. Sie hatte zur Folge, dass man etwas verschiedene Ausschläge erhielt, je nachdem man den einen oder anderen Pol einer Batterie mit dem Elektrometer verband, während der andere mit der Erde verbunden war. Prof. Quinke fand in diesem Falle manchesmal an beiden Polen eine verschiedene Spannung. Ich konnte jedoch, abgesehen von dieser Unsymmetrie, welche zu allen Zeiten und für verschiedene Batterien durchaus unverändert blieb, nicht die mindeste Unregelmässigkeit beobachten.

So fand ich, wenn ich einmal den einen, dann den anderen Pol der Batterie mit dem Elektrometer verband, während der

andere mit der Erde verbunden war, zwischen den Ausschlägen folgende Differenzen:

$$5^1/_2,\ 5^3/_4,\ 6,\ 6,\ 5^1/_2$$
$$5^1/_2,\ 5,\ 5^1/_2$$
$$6,\ 6,\ 5^1/_2$$
$$5^3/_4$$

Die Zahlen in einer Zeile wurden unmittelbar nach einander, die in verschiedenen Zeilen aber an verschiedenen Tagen mit verschiedenen Batterien zu 6 Daniell'schen Elementen gemessen.

Bei den Messungen mit dem Elektrometer ist noch zu beachten, dass die Aluminiumplatte eine bedeutende Elektricitätsmenge in den Quadranten bindet, welche sich mit der Lage derselben verändert. Man bekommt daher einen verschiedenen Ausschlag, je nachdem man einen mit einer gegebenen Elektricitätsmenge geladenen Körper dauernd oder nur kurze Zeit mit dem Elektrometer verbindet. Näheres darüber werde ich im §. 4 angeben. Endlich will ich noch eine Vorsichtsmassregel anführen, die gut ist, wenn man die Elektrisirung der Schwefelsäure und der damit verbundenen Aluminiumplatte möglichst constant erhalten will. Man darf dieselbe dann nicht gerade vor Beginn der Versuche durch das Influenzmaschinchen verstärken. Denn gleich nach der Verstärkung nimmt dieselbe viel rascher ab, als lange darnach. Es ist dies in Übereinstimmung mit der Beobachtung Warburg's, wonach isolirende Stützen einem Körper anfangs viel mehr Elektricität als später entziehen. Es geht dies so weit, dass, wenn man durch verkehrtes Drehen der Influenzmaschine die Elektrisirung vermindert, dieselbe anfangs sogar durch Mittheilung der Isolatoren wieder ein wenig steigt.

§. 2.

Der Condensator.

Der Condensator war ein gewöhnlicher Kohlrausch'scher. Fig. 3 stellt denselben schematisch dar. Die eine, *A*, der beiden verticalen vergoldeten Condensatorplatten von 150 Mm. Durch-

messer und 3·3 Mm. Dicke war von einem fixen, aber in bekannter Weise durch Schrauben regulirbaren Gestelle getragen. Die andere Condensatorplatte *B* befand sich auf einem Schlitten *D*, an dem ein Messingcylinder *F* befestigt war, der auf einen Messingknopf *E* stiess. Der Knopf *E* konnte weiter in das Gestelle *C* hinein- und herausgeschraubt werden, wodurch die Condensatorplatten in verschiedene Distanzen kamen. Bei meinen Versuchen handelte es sich namentlich darum, die Verschiebung, welche der beweglichen Condensatorplatte von einem Versuche zum anderen ertheilt wurde, so genau als möglich zu messen. Zu diesem Zwecke hatte ich an den Knopf *F* eine Trommel befestigt, an der der Winkel, um den dieser Knopf gedreht worden war, abgelesen werden konnte. Da jedoch die Schraube an dem Knopfe nicht sehr fein gearbeitet war, so versah ich die beiden Condensatorplatten noch mit einer anderen Vorrichtung, welche eine viel grössere Genauigkeit zuliess. Ich befestigte nämlich an der einen Condensatorplatte mittelst eines Siegellackstäbchens ein Glasgitter *G*, das in Zehntelmillimeter getheilt war, an der anderen aber einen ihm parallelen Glasstreifen *H*, auf den ein feines Fadenkreuz gespannt war. Ein Mikroskop *I* mit 100facher Vergrösserung visirte auf das Fadenkreuz, welches durch eine entfernte leuchtende Spalte erhellt wurde. Jeder Strich des Gitters gab dabei eine schöne Beugungserscheinung. Verschob man jetzt die bewegliche Condensatorplatte so weit, dass das Fadenkreuz genau auf dieselbe Stelle der vom folgenden Theilstrich erzeugten Beugungserscheinung einspielte, so war man sicher, dass die Verschiebung genau $^1/_{10}$ Mm. betrug. Ich bemerke noch, dass die beiden Glasplättchen *G* und *H* blos der bequemeren Zeichnung halber oberhalb der Condensatorplatten gezeichnet sind. In der That befanden sie sich neben denselben, so dass die optische Axe des Mikroskopes *I* nicht vertical, sondern horizontal war. Die unverrückte Lage der beiden Glasplättchen *G* und *H* diente auch zur Controle, dass sich beim Einschieben der isolirenden Schichten die Distanz der Condensatorplatten nicht geändert hatte.

Bei möglichst solider Stellung des Mikroskopes ändert ein in demselben angebrachtes Fadenkreuz seine Lage gegen das auf

H befindliche durchaus nicht, weshalb später das letztere cassirt und durch das erstere ersetzt wurde, das, weil weniger vergrössert, viel deutlicher gesehen werden konnte. Damit die bewegliche Condensatorplatte *B* bei ihrer Verschiebung möglichst parallel blieb, wurde der Messingcylinder *E* durch zwei Kautschukschnüre *K* und *L* auf den Knopf *F* gepresst. Die Richtung der Resultirenden der Spannung der beiden Kautschukschnüre ging nahe durch den Berührungspunkt der Messingstücke *E* und *F*, und ihre Grösse war nicht viel grösser als die Reibung des Schlittens *D*. Die bewegliche Platte *B* wurde bei meinen Versuchen immer mit der Erde verbunden, die fixe Platte *A* aber geladen. Es zeigte sich, dass in der Nähe befindliche grössere Metallmassen die Ablesung unsicher machten, wahrscheinlich indem sie sie sich allmälig luden, weshalb ich das Mikroskop und alle Metallbestandtheile des Condensatorgestelles sorgfältig mit der Erde leitend verband. Aus diesem Grunde wäre es auch besser gewesen, wenn der Träger der Condensatorplatten nicht von Holz, sondern aus einer gut isolirenden Substanz gemacht gewesen wäre. Ein solcher Condensator stand mir aber nicht zu Gebote.

§. 3.

Die isolirenden Platten.

Ich untersuchte vier gute Isolatoren, Hartgummi, Paraffin, Schwefel und Colophonium, und dann drei unvollkommene Isolatoren, Stearin, Glas und Guttapercha. Um diese Substanzen im festen Zustande zwischen die Condensatorplatten bringen zu können, musste ich mir möglichst planparallele Platten aus denselben verschaffen. Glas kommt schon im Handel in genügend planparallelen Platten vor. Auch bei Hartgummi und Guttapercha benützte ich die im Handel vorkommenden Platten und begnügte mich, sie zwischen zwei Spiegelglasplatten zu pressen und dann bis zum Weichwerden zu erwärmen, um sie möglichst eben zu bekommen. Die übrigen Substanzen wurden zwischen Spiegelglasplatten gegossen. Und zwar fand ich für Paraffin und Stearin nach vielen vergeblichen Versuchen folgendes Verfahren am besten. Zwischen zwei rechteckige Spiegelglasplatten

wurden an den Ecken vier aus demselben Stücke gebrochene Spiegelglasstücke gelegt. Drei Seiten des Randes wurden mit Papier verklebt, um das Ausfliessen des flüssigen Paraffins zu verhindern. An der vierten Seite ragte die untere Glasplatte vor der oberen vor, um das Eingiessen zu ermöglichen. Das Paraffin war etwas über seinen Schmelzpunkt erhitzt, und während seines Erstarrens wurden die Glasplatten sanft aneinander gedrückt. Damit das Paraffin nicht an den Glasplatten anhafte, bestrich ich dieselben mit feinem Öle, und zwar so wenig, dass das Öl selbst nicht mehr sichtbar war, sondern blos das Glas eine gleichförmig fettige Oberfläche erhielt. Am besten ist es, wenn das Glas schon früher lang und innig mit Fett in Berührung war, damit sich nicht das Öl in Tröpfchen sammelt, welche stellenweise Vertiefungen in der Platte erzeugen, während dieselbe an anderen Stellen anhaftet.

Um das Anhaften des Paraffins an der Papierverklebung des Randes zu verhindern, lief demselben entlang eine ölgetränkte Schnur, die gerade so dick war, dass sie den Raum zwischen den Platten ausfüllte. Da auch diese das Ausfliessen hinderte, blieb die Papierverklebung manchmal ganz weg. Wenn diese Vorsichtsmassregeln beobachtet wurden, schien die Cohäsion des Paraffin grösser, als seine Adhäsion am Glase zu sein; denn es löste sich während des Erstarrens mit Leichtigkeit vom Rande und von den Platten ab, und eine Betrachtung der durchscheinenden Platten gegen das Licht, sowie deren Stücke nach dem Zerbrechen zeigten im Inneren keine erheblichen Risse oder Hohlräume. Das Paraffin der einen Platte stammte von käuflichen Paraffinkerzen, das der anderen wurde als reines Paraffin in der Apotheke gekauft. Das Stearin stammte von käuflichen Stearinkerzen. Alle Versuche, nach dieser Methode auch den Schwefel zu giessen, misslangen. Ich schlug da schliesslich folgendes Verfahren ein. Ich versah eine Spiegelglasplatte rings mit einem nach aufwärts ragenden Papierrand. Darauf wurde der zuvor etwas über den Schmelzpunkt (bis er ein wenig dick wurde) erhitzte Schwefel ausgegossen.

Wegen des etwa ausfliessenden Schwefels befand sich die Glasplatte in einer Pappendeckelschachtel. Der flüssige Schwefel wurde nun rasch, jedoch so, dass keine Luftbläschen dazwi-

schen blieben, mit einer zweiten Spiegelglasplatte bedeckt, die von der ersten durch drei gleich dicke Drahtstücke getrennt war, die schon früher auf der zweiten Platte mit Schwefel aufgekittet waren. Glasstücke konnten hiezu nicht verwendet werden, weil sie sich zu rasch mit einer festen Schwefelschicht bedeckten, die ihre Dicke vergrösserte. Beide Glasplatten wurden bis nahe an den Schmelzpunkt des Schwefels vorgewärmt, um ihr Zerspringen und das zu rasche Erkalten des letzteren zu verhüten. Während des Erstarrens wurde die obere Glasplatte sanft gegen die untere gedrückt, und rasch der über die obere vorragende Schwefelrand entfernt, um ein Anhaften der Schwefelplatte am Rande zu verhüten, wodurch dann beim Erstarren Risse im Inneren entstehen. Das Glas war wie beim Paraffin geölt. Hatten Glas und Schwefel nicht genau die richtige Temperatur, so erstarrte ersterer entweder zu früh und enthielt Blasen, oder er blieb zu lange flüssig und haftete dann an, oder bekam Risse, wenn er sich nicht gar selbst entzündete. Diesen Schwierigkeiten ist es zuzuschreiben, dass kleine Hohlräume im Schwefel nicht ganz zu vermeiden waren, in Folge dessen die von mir gefundene Dielektricitätsconstante desselben um einen wahrscheinlich kaum erheblichen Betrag zu klein sein muss.

Noch schwieriger war das Giessen der Colophoniumplatten. Öl verhinderte ihr Anhaften am Glase gar nicht. Ich bestrich daher letzteres mit Glycerin. Allein auch da zerbrach das Colophonium beim Erstarren oder Ablösen immer. Deshalb bedeckte ich beide Glasplatten mit dünnerem, mit Glycerin getränktem sogenannten Seidenpapier, das sich durch Capillarität vollkommen dicht auf dieselben auflegte, so dass die Harzplatten zwischen dem Seidenpapiere erstarrten; im Übrigen geschah der Guss wie beim Schwefel. Das Ablösen geschah unter Wasser. Auf diese Weise erhielt ich sehr schöne Colophoniumplatten; nur ihre Oberfläche war entsprechend dem Papiere rauh. Die Platten aller Substanzen waren Quadrate von etwa 200 Mm. Seitenlänge, so dass sie an allen Stellen wenigstens 20 Mm. über den Rand der Condensatorplatten hinausragten. Während die isolirende Platte sich zwischen den Condensatorplatten befand, war sie unten durch eine gabelartige Vorrichtung getragen, und lehnte sich, da sie vertical stand, nur mit geringer Kraft an die

Condensatorplatten. Beim Hineinschieben wurde grosse Sorgfalt darauf verwendet, dass sie die beiden Condensatorplatten möglichst wenig berührte, jedenfalls nicht drückte, weil die kleinste Veränderung in der Stellung der Condensatorplatten schon erhebliche Fehler in der Bestimmung der Dielektricitätsconstante nach sich zog. Überdies diente die unveränderte Lage des Bildes des Gitters *G* im Mikroskope, sowie die Gleichheit der Capacität des Condensators vor dem Einschieben und nach dem Herausziehen der isolirenden Platte als Controle, dass die Condensatorplatten keine Deformation erfahren hatten.

§. 4.

Zusammenstellung der Apparate während der Versuche.

Um mit Hilfe dieser Apparate die Dielektricitätsconstante jener Isolatoren zu bestimmen, verband ich zwei gegenüber stehende Quadranten des Elektrometers mit der Erde (der Gasleitung), die beiden anderen dagegen mit einem fixen Kupferdrahte (*AB*, Fig. 2), der ganz durch die Luft geführt, nur an einer Stelle *C* mit Siegellack unterstützt war. Oberhalb dieses Drahtes befanden sich drei bewegliche Kupferdrähte (ich will sie die Drähte I, II und III nennen). Ihre Enden sind in Fig. 2 durch die kleinen mit I, II und III bezeichneten Kreise dargestellt.

Ein beweglicher Draht ist in der Fig. 2 durch eine Schlangenlinie, ein fixer durch eine gerade ausgedrückt. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass die Drähte nicht alle in einer Ebene lagen, sondern thunlichst zweckmässig im Raume angeordnet waren. Die Drähte *AB* und *CD* waren parallel, I, II und III aber ungefähr senkrecht darauf. Der Draht I war ebenfalls mit der Erde, der Draht II mit dem einen Pole der Batterie, der Draht III mit der einen Condensatorplatte verbunden. Die beiden letzteren Drähte waren natürlich in ihrem übrigen Laufe ebenfalls isolirt. Der andere Pol der Batterie und die andere Condensatorplatte waren mit der Erde in Verbindung. Sämmtliche Drähte wurden nicht direct mit den Händen berührt, um nicht durch die stets etwas elektrischen Rockärmel Störungen her-

vorzurufen; sondern die Enden der Drähte I, II und III hingen an langen Coconfäden, die mittelst einer passenden Hebelvorrichtung aus ziemlicher Entfernung gehoben und gesenkt werden konnten. Die Coconfäden sind in der Figur punktirt. Die Senkung des Drahtes I entlud das Elektrometer. Wurde der Draht I gehoben und II gesenkt, so wurde dasselbe direct durch die Batterie geladen. Ich will den hierdurch hervorgebrachten Ausschlag kurz den Batterieausschlag nennen. Das fixe Ende des Drahtes III aber führte zum Condensator, während sein bewegliches Ende, wenn es gesenkt wurde, den zum Elektrometer führenden Draht, wenn es aber gehoben wurde, einen anderen fixen, zum nicht abgeleiteten Pole der Batterie führenden Draht *AB* berührte. Wurde also der Draht III gehoben, so wurde der Condensator durch die Batterie geladen, wurde er hierauf gesenkt, so theilte er einen Theil seiner Elektricität dem Elektrometer mit. Den hierdurch bewirkten Ausschlag nenne ich kurz den Condensatorausschlag. Aus ihm und dem Batterieausschlage kann, wie wir später sehen werden, die Capacität des Condensators bestimmt werden. Trotz aller Vorsicht waren hie und da Coconfäden oder Hebelvorrichtungen etwas elektrisch, und verursachten bei ihrer Bewegung kleine Störungen, so dass ich nie beobachten konnte, ohne mich vorher überzeugt zu haben, dass, wenn man den sonst mit dem nicht abgeleiteten Pole der Batterie verbundenen Draht auch mit der Erde verbunden hatte, keine Bewegung der Drähte den mindesten Ausschlag hervorrief. Bei den meisten Versuchen blieb der Condensator so lange mit dem Elektrometer verbunden, bis die Ablesung gemacht werden konnte. Dann wurden beide durch Senken des Drahtes I entladen. Um auch Versuche anstellen zu können, wobei der Condensator nur sehr kurze Zeit geladen blieb, diente eine andere Vorrichtung, bei der das bewegliche Ende des Drahtes III sowohl in seiner höchsten als auch tiefsten Lage einen mit der Erde verbundenen Kupferdraht berührte. Auf seinem Wege aus der tiefsten in die höchste Lage aber schleifte es an zwei ebenfalls aus Kupferdraht gebogenen Federn, von denen die erste mit der Batterie, die zweite mit dem Elektrometer verbunden war, so dass mit einem raschen Schlage auf die betreffende Hebelvorrichtung der Condensator

geladen mit dem Elektrometer verbunden und wieder entladen wurde. Dabei kam er natürlich schon wieder ausser Contact mit dem Elektrometer, bevor noch die Aluminiumplatte ihre Lage merklich verändert hatte. Damit bei der raschen Bewegung nicht mangelhafter Contact eintrete, waren hiebei alle Kupferdrähte an den Berührungsstellen mit einer dicken Quecksilberhaut bedeckt.

§. 5.

Berechnung der Capacität des Condensators aus den Elektrometerablesungen.

Ich will nun zeigen, wie aus den oben als Batterie- und Condensatorausschlag bezeichneten Ablesungen die Capacität des Condensators gefunden wird. Unter Capacität eines Leiters verstehe ich dabei, wie bereits bemerkt, die Elektricitätsmenge, welche er annimmt, wenn er mit einer Batterie vom Potentiale 1 geladen wird. Dieselbe hängt natürlich nicht blos von der Gestalt des Leiters, sondern auch von der Position der in seiner Nähe befindlichen Leiter ab. Die Elektricitätsmenge, welche derselbe Körper annimmt, wenn er mit einer Batterie vom Potentiale p geladen wird, ist also gleich seiner $p$fachen Capacität.

Da, wie wir sahen, der beobachtete Ausschlag des Elektrometers dem Potentiale, mit welchem dasselbe geladen wird, nicht genau proportional ist, so wollen wir statt desselben immer den bereits nach der zweiten Tabelle im §. 1 corrigirten in die Rechnung einführen. Sei nun φ der in dieser Weise corrigirte Ausschlag des Elektrometers. Es ist dann der beobachtete Ausschlag offenbar eine Function von φ, und zwar immer nahe gleich φ. Ferner sei P das Potential im Elektrometer (unter Elektrometer verstehe ich in diesem Paragraphen immer die beiden Quadranten, welche geladen werden, sammt allen Drähten und sonstigen Leitern, welche mit denselben in Verbindung stehen), und i eine der Elektrisirung des Aluminiumplättchens proportionale Grösse, so können wir setzen:

$$\varphi = API. \qquad 1)$$

Verbinden wir das Elektrometer direct mit der Batterie, so wird P gleich dem Potentiale p am nicht abgeleiteten Pole der Batterie, φ gleich dem corrigirten Batterieausschlage, den wir mit b bezeichnen wollen. Es ist also

$$b = Api. \qquad 2)$$

Da wir die Correction so gewählt haben, dass der corrigirte Ausschlag b dem Potentiale p proportional ist, so folgt, dass A eine Constante sein muss. Es werde nun der Condensator mit der Batterie geladen und dann dauernd mit dem Elektrometer verbunden, bis dieses den Condensatorausschlag c gibt (c sei wieder der bereits nach der zweiten Tabelle in §. 1 corrigirte Ausschlag; k sei die Capacität des Condensators); dann nimmt derselbe von der Batterie die Elektricitätsmenge kp auf. Dieselbe vertheilt sich dann auf Condensator und Elektrometer. Allein, da das Aluminiumplättchen ebenfalls elektrisch ist, so wird es, wenn es sich von seiner Ruhelage zum Ausschlage c begibt, eine gewisse Elektricitätsmenge binden. Die Elektricitätsmenge, welche in die Erde abfliessen würde, wenn das Elektrometer mit derselben verbunden wäre, und dann das Aluminiumplättchen von seiner Ruhelage durch irgend welche mechanische Mittel bis in die dem Ausschlage c entsprechende Stellung gebracht würde, ist entgegengesetzt bezeichnet mit kp, proportional der Grösse i, und wenigstens nahe proportional der Grösse c. Wir wollen sie mit $-B_c ci$ bezeichnen. c ist zwar der corrigirte Ausschlag; da derselbe aber dem wirklichen nahe gleich ist, so ist jede dem letzteren nahe proportionale Grösse auch dem ersteren nahe proportional. Der Grösse B wurde der Index c gegeben, um anzuzeigen, dass sie nicht vollkommen constant zu sein braucht, sondern noch von c abhängen kann.

Kehren wir zu dem eben früher betrachteten Vorgange zurück. Der Condensator nahm die Elektricitätsmenge kp auf; er würde sie also wieder abgeben, wenn er mit der Erde verbunden würde. Das Elektrometer würde, wenn es, ohne dass sich die Stellung des Aluminiumplättchens verändern könnte, mit der Erde verbunden würde, die Elektricitätsmenge $-B_c ci$ abgeben. Würden wir also, nachdem der Ausschlag c erfolgt ist, das Aluminiumplättchen durch irgend welche mechanische Mittel

in seiner Lage festhalten, und dann Condensator und Elektrometer mit der Erde verbinden, so würde in dieselbe die Elektricitätsmenge $kp—B_c ci$ abfliessen.

$kp—B_c ci$ ist also die sogenannte freie Elektricität, und es fragt sich nur noch, welches Potential q im Elektrometer (und Condensator, denn in beiden ist das Potential gleich) durch diese Elektricitätsmenge erzeugt wird. Wir finden q, indem wir die Elektricitätsmenge $kp—B_c ci$ durch die gesammte Capacität des Condensators und Elektrometers dividiren. Die Capacität des Elektrometers (d. h. also der beiden nicht zur Erde abgeleiteten Quadranten sammt allen Drähten und Leitern, die damit dauernd verbunden sind) wird noch ein wenig von der Stellung des Aluminiumplättchens, also von c abhängen. Ich will sie daher mit e_c bezeichnen. Die Capacität des Condensators ist k. Es ist also

$$q = \frac{kp—B_c ci}{k+e_c}.$$

Würde das Elektrometer mit einer Batterie vom Potentiale q verbunden, so würde es genau auch den Ausschlag c geben. Wir können daher in Gleichung 1), die sich auf directe Ladung des Elektrometers durch eine Batterie bezieht, $\varphi = c$, $P = q$ setzen, und erhalten

$$c = Aqi = \frac{kp—B_c ci}{k+e_c} . Ai,$$

woraus folgt:

$$k = c . \frac{e_c + AB_c i^2}{Api—c},$$

oder mit Rücksicht auf die Gleichung 2)

$$k = (e_c + AB_c i^2) \frac{c}{b—c}. \qquad 3)$$

Der eingeklammerte Ausdruck wird wegen des Gliedes $AB_c i^2$ etwas mit der Ladung des Elektrometers wachsen. Um zu sehen, ob derselbe noch in erheblicher Weise von c abhängt, untersuchte ich die Capacität des Condensators bei unveränder-

licher Stellung desselben und unveränderter Ladung des Elektrometers mit Batterien von verschiedener Elementenzahl, so dass also b und c variirten, k und i aber constant waren. Die nebenstehende Tabelle enthält in der ersten Columne die Werthe von c in Scalentheilen. In der zweiten die dazu gehörigen Werthe von $\frac{k(b-c)}{c}$, also von $e_c+AB_ci^2$ dividirt durch denjenigen Werth von $e_c+AB_ci^2$, welcher zu $c=50$ Scalentheile gehört.

c	$\frac{e_c+AB_ci^2}{e_{50}+AB_{50}i^2}$
110	1·015
160	1·018
220	1·025
270	1·027
333	1·033

Die Tabelle zeigt, dass die Werthe von $e_c+AB_ci^2$ nur wenig mit dem Ausschlage c variiren; sie nehmen für 100 Scalentheile Ausschlag etwa um 1 Perc. zu.

Die Grösse $e_c+AB_ci^2$ war klein gegen die Capacitäten k, welche ich später zu messen wünschte. Es wäre also bei allen Versuchen b nahe gleich c geworden, was die Genauigkeit sehr beeinträchtigt hätte.

Um diesem Übelstande abzuhelfen, verband ich das Elektrometer dauernd mit der einen Platte eines anderen kleinen Condensators, bei dem jedoch die Platten so nahe waren, dass seine Capacität etwa 4mal so gross als $e_c+AB_ci^2$ war. Die andere Condensatorplatte war natürlich zur Erde abgeleitet. Hiedurch ändert sich in unseren Formeln gar nichts, als dass sich zu $e_c+AB_ci^2$ eine Constante addirt, die etwa 4mal so gross ist als diese Grösse selbst. Dies hat noch den Vortheil, dass die Grösse, welche in den Formeln an die Stelle von $e_c+AB_ci^2$ tritt, nur 5mal so kleine relative Veränderungen erfährt, als diese Grösse selbst. Wir können daher die Formel 3) noch anwenden, wenn wir jetzt unter e_c die gesammte Capacität des Elektrometers sammt der des damit verbundenen Condensators verstehen. Nur wird alsdann der Werth von $e_c+AB_ci^2$ nur um $^1/_5$ Perc. zunehmen, wenn c um 100 Scalentheile wächst. Bezeichnen wir

daher die Grösse $e_0+AB_0i^2$ in dieser neuen Bedeutung mit E, so ist

$$e_c+AB_ci^2=E\left(1+\frac{c}{50000}\right)$$

und die Gleichung 3) geht über in

$$k=E\left(1+\frac{c}{50000}\right)\frac{c}{b-c}. \qquad 4)$$

Die Grösse E ist noch von i abhängig; dies braucht jedoch nicht berücksichtigt zu werden, da E bei jeder Versuchsreihe fast constant blieb und kleine Schwankungen desselben zudem durch die Umkehrung der Versuchsreihe, welche ich jedesmal vornahm, eliminirt wurden. Überdies constatirte ich noch durch Versuche, dass E mit wachsendem i nur sehr wenig zunimmt. E ist also für jede Versuchsreihe als constant anzusehen. (Ich bemerke noch, dass bei Berechnung der Dielektricitätsconstante immer nur die relativen Werthe der bei einer und derselben Versuchsreihe bestimmten Capacitäten benützt wurden.) Wird der Condensator von der Capacität k wieder mit einer Batterie vom Potentiale p geladen, aber jetzt nur einen Moment mit dem Elektrometer verbunden und dann sogleich wieder davon getrennt, so ändert während der Elektricitätsmittheilung das Aluminiumplättchen seine Lage nicht merklich. Es wird daher dem Elektrometer die Elektricitätsmenge $\frac{kpe_0}{k+e_0}$ mitgetheilt. e_0 ist wieder die Capacität des Elektrometers (d. h. also der zwei nicht abgeleiteten Quadranten sammt den damit verbundenen Drähten und damit dauernd verbundenem kleinen Condensator), wenn sich das Aluminiumplättchen in seiner Ruhelage befindet. Nun erst, nachdem der grosse Condensator bereits wieder vom Elektrometer getrennt ist, erfolgt der Ausschlag. Wir wollen den wieder nach der zweiten Tabelle im §. 1 corrigirten Ausschlag mit γ bezeichnen, so wird durch denselben die Elektricitätsmenge $-B_1i\gamma$ frei. Die gesammte freie Elektricitätsmenge ist also $\frac{kpe_0}{k+e_0}-B_1i\gamma$. Dieselbe vertheilt sich auf dem Elektrometer, das jetzt die Capacität e_1 hat. Sie erzeugt daher in dem-

selben das Potentiale $\frac{kpe_0}{e_\gamma(k+e_0)} - \frac{B_\gamma i\gamma}{e_\gamma}$; und folglich ist wieder nach Formel 1)

$$\gamma = \frac{Ai}{e_\gamma}\left(\frac{kpe_0}{k+e_0} - B_\gamma i\gamma\right),$$

woraus folgt

$$\gamma = \frac{Aikpe_0}{(k+e_0)(e_\gamma + AB_\gamma i^2)}$$

$$k = -\frac{e_0\gamma}{\frac{Aipe_0}{e_\gamma + AB_\gamma i^2} - \gamma}.$$

Der corrigirte Ausschlag β, den dieselbe Batterie erzeugen würde, wenn sie direct, aber wieder nur momentan, mit dem Elektrometer verbunden würde, so dass die Elektricitätsmittheilung schon wieder aufhörte, bevor das Aluminiumplättchen in erhebliche Bewegung kommen konnte, wird gefunden, indem man in den obigen Formeln $k=\infty$ setzt; derselbe ist also

$$\beta = \frac{Aipe_0}{e_\beta + AB_\beta i^2}.$$

Der Ausdruck für k geht also über in

$$k = \frac{e_0\gamma}{\frac{e_\beta + AB_\beta i^2}{e_\gamma + AB_\gamma i^2}\beta - \gamma},$$

oder weil nach dem früheren

$$\frac{e_\beta + AB_\beta i^2}{e_\gamma + AB_\gamma i^2} = 1 + \frac{\beta-\gamma}{50000}$$

ist, so erhält man

$$k = \frac{e_0\gamma}{\beta\left(1+\frac{\beta-\gamma}{50000}\right)-\gamma} = \frac{e_0\gamma}{\beta-\gamma}\left(1-\frac{\beta}{50000}\right).$$

Um die Constante e_0 mit der früher gebrauchten Constante E vergleichen zu können, müssen wir den bei dauernder Ver-

bindung von der Batterie erzeugten corrigirten Ausschlag b betrachten. Nach den Formeln, die wir für b und β hatten, ist

$$\frac{\beta}{b} = \frac{e_0}{E}\left(1 - \frac{\beta}{50000}\right),$$

daher

$$k = E\frac{\beta}{b}\cdot\frac{\gamma}{\beta-\gamma}. \qquad 5)$$

Die beiden Formeln 3) und 5) werden wir zur Berechnung der Versuche anzuwenden haben. Die erstere Formel wurde noch geprüft, indem ich dieselbe Capacität mit verschiedener Elementezahl und bald mit momentaner, bald mit dauernder Verbindung mass. So ergab sich eine und dieselbe Capacität mit 6, 12 und 18 Elementen bei dauernder Verbindung gemessen zu 0·5287, 0·5285, 0·5279. Eine andere in derselben Weise bestimmt, ergab sich zu 0·2281, 0·2277, 0·2279. Von der Prüfung der Formel 5) wird in §. 10 die Rede sein, wo wir die Messung der Capacität bei momentaner Ladung besprechen werden. Da es sich bei Berechnung der Dielektricitätsconstante immer nur um die Verhältnisse zweier bei gleichem i gemessener Capacitäten handeln wird, sobrauchen wir uns um den absoluten Werth von E nicht zu kümmern; wir wollen später immer $E = 1$ setzen.

§. 6.

Theorie der Berechnung der Dielektricitätsconstante aus der Capacität des Condensators.

Da sich bei meinen Versuchen die Condensatorplatten durchweg sehr nahe standen, so war der weitaus grösste Theil der Elektricität an den einander vis-à-vis stehenden Flächen derselben angehäuft, die ich als die Flächen M und N bezeichnen will, und zwar sei M die mit der Erde verbundene. Die Theorie der Vertheilung der Elektricität auf zwei sehr nahestehenden leitenden Flächen wurde durch Green und Clausius (siehe des letzteren Abhandlungen über mechanische Wärmetheorie, 2. Abth. S. 74) gegeben. Legen wir in die Fläche M des Condensators den Coordinatenanfangspunkt und ziehen die

z-Axe senkrecht darauf, so hat nach dieser Theorie das elektrische Potential zwischen beiden Flächen die Form $V = Az$. An der Fläche M ist es Null, weil selbe mit der Erde verbunden ist. Sei dasselbe an der Fläche N gleich V_1 und sei m die Distanz der beiden Flächen, so ist $A = \frac{V_1}{m}$. Die Dichtigkeit h der Elektricität auf der Fläche N ist $\frac{1}{4\pi}\frac{dV}{dz} = \frac{1}{4\pi}A = \frac{V_1}{4\pi m}$. Die gesammte Elektricitätsmenge auf der Fläche N ist daher $Qh = \frac{V_1 Q}{4\pi m}$, wenn Q ihre Oberfläche ist. Dividiren wir dieselbe durch V_1, so bekommen wir die Elektricitätsmenge, mit der die Fläche N sich laden würde, wenn auf derselben das Potentiale 1 herrschte. Dieselbe ist also

$$\varkappa = \frac{Q}{4\pi m}. \qquad 6)$$

Wenn man von der jedenfalls nur kleinen Elektricitätsmenge, die sich auf den Zuleitungsdrähten, der abgewandten Fläche der Condensatorplatte und dem Rande derselben befindet, abstrahirt, so ist $\varkappa$ dieselbe Grösse, welche wir als Capacität des Condensators bezeichnet haben. Letztere muss also angenähert dem Abstande der Condensatorplatten verkehrt proportional sein. Dies zeigte sich auch wirklich. Es stellte sich aber heraus, dass die Proportionalität eine viel genauere, ja fast vollständig exacte wurde, wenn man von sämmtlichen Capacitäten diejenige abzog, welche der Condensatorplatte noch nach gänzlicher Entfernung der zweiten mit der Erde verbundenen zukam, und welche wir Kürze halber die Trennungscapacität nennen wollen. Es ist dies ein Beweis, dass die Trennungscapacität nahe gleich der Elektricitätsmenge ist, die sich unter Einfluss des Potentials 1 auf den Zuleitungsdrähten, der Rückfläche und dem Rande der Condensatorplatte aufhäuft, was auch a priori nicht unwahrscheinlich ist. Da die Trennungscapacität an sich klein ist, so ist eine grosse Übereinstimmung natürlich nicht nothwendig. Auf die Bestimmung der Dielektricitätsconstante wäre eine nicht vollständige Übereinstimmung um so weniger von Einfluss, da sich dieselbe ja ohne und mit dazwischen

gebrachter Isolatorschicht in gleicher Weise äussern würde. Ich bemerke hier noch, dass sich die Trennungscapacität durch Verminderung der in der Nähe der Condensatorplatten befindlichen Holz- und Metallbestandtheile noch erheblich vermindern liesse. Die Grösse x bekommen wir also mit grosser Annäherung, indem wir von der wirklichen Capacität k des Condensators die Trennungscapacität abziehen. Ganz ähnlich gestaltet sich die Theorie, wenn sich zwischen den Condensatorplatten eine dielektrische Zwischenschicht befindet, welche ebenfalls von zwei parallelen Ebenen begrenzt ist, aber den Raum zwischen den Condensatorplatten, wie es bei meinen Versuchen der Fall war, nicht vollständig ausfüllt. Legen wir das Coordinatensystem wie früher, so folgt aus dem Umstande, dass das Potential V sowohl in Luft, als auch im Isolator der Gleichung

$$\frac{d^2V}{dx^2}+\frac{d^2V}{dy^2}+\frac{d^2V}{dz^2}=0$$

genügen muss, dass $\frac{dV}{dz}$ in beiden Mitteln constant sein muss.

Nach der Eingangs erwähnten Maxwell-Helmholtz'schen Theorie muss ferner $\frac{dV}{dz}$ in Luft Dmal so gross als im Isolator sein, wenn D die Dielektricitätsconstante desselben ist. Ist also in Luft $\frac{dV}{dz}$ gleich A, so ist es im Isolator $\frac{A}{D}$. Sei nun n die Dicke der isolirenden Schicht. Im Isolator ist $\frac{dV}{dz}=\frac{A}{D}$. Es wächst also V von der einen Begrenzungsfläche desselben bis zur anderen um $\frac{An}{D}$. Sei die Distanz der Platten wiederum gleich m, so bleibt für die Dicke der zwischen ihnen befindlichen Luftschicht der Werth $m-n$. In dieser Luftschicht wächst also V um $A(m-n)$. Der ganze Zuwachs, den V von der Condensatorfläche M bis zu N erleidet, ist also $\frac{An}{D}+A(m-n)$. Da V auf der Fläche M gleich Null, auf N aber gleich V_1 ist, so muss dieser Zuwachs gleich V_1 sein. Es ist also $\frac{An}{D}+A(m-n)=V_1$.

$$A = \frac{V_1}{m - n + \frac{n}{D}}.$$

Die Dichte der Elektricität auf der Fläche N ist wie früher $\frac{1}{4\pi}\frac{dV}{dz}$, also $\frac{1}{4\pi}A$, weil $\frac{dV}{dz}$ dort wieder gleich A ist. Die gesammte auf der Oberfläche N befindliche Elektricitätsmenge ist also

$$\frac{1}{4\pi}AQ = 4\pi\frac{QV_1}{\left(m - n + \frac{n}{D}\right)}.$$

Dividiren wir sie durch V_1, so bekommen wir die Elektricitätsmenge, die sich unter dem Einflusse des Potentials 1 auf der Fläche N ansammeln würde, und die wir wieder mit $\varkappa$ bezeichnen wollen. Es ist also

$$\varkappa = \frac{Q}{4\pi\left(m - n + \frac{n}{D}\right)}. \qquad 7)$$

Die Grösse $\varkappa$ ist wieder wahrscheinlich nahezu die Capacität des Condensators, und wird wahrscheinlich mit weit grösserer Annäherung gefunden, wenn man von der wirklichen Capacität desselben seine Trennungscapacität abzieht. Ich bemerke hier noch, dass die Trennungscapacität sich nicht merklich verändert, wenn man an die Condensatorplatte die isolirende Platte anlehnt, sobald nur die zweite mit der Erde verbundene Platte entfernt ist, was sich übrigens auch aus der Theorie ergibt. (Vergl. §. 11.) Die Trennungscapacität wurde durch Anlehnen der Hartgummiplatte II etwa um 2 bis 5 Perc. grösser, eine Zahl, die übrigens (wohl durch einen geringeren Elektricitätsgehalt der Hartgummiplatte) etwas unsicher ist.

Die Formeln 6) und 7) setzen voraus, dass die Capacität $\varkappa$ in absolutem Masse gemessen ist. Ich habe dies niemals gethan, sondern die Capacitäten in einem ganz willkürlichen, aber für jede Versuchsreihe constanten Masse gemessen. Um daher Formeln zu erhalten, welche auf meine Versuche passen, müs-

sen wir die durch die Formeln 6) und 7) gegebenen Werthe von $\varkappa$ noch mit einer gewissen Constanten F multipliciren. Dadurch gehen diese Formeln über in

$$\varkappa = \frac{QF}{4\pi m} \quad \text{und} \quad \varkappa = \frac{QF}{4\pi\left(m - n + \frac{n}{D}\right)}.$$

Wir wollen nun den reciproken Werth von $\varkappa$ mit λ bezeichnen, und ausserdem $\frac{4\pi}{QF} = G$ setzen; dann erhalten wir

$$\lambda = Gm, \tag{8}$$

und wenn die isolirende Schicht dazwischen ist

$$\lambda = G\left(m - n + \frac{n}{D}\right). \tag{9}$$

§. 7.

Prüfung der Formel 8).

Um zu constatiren, dass die gemachten Vernachlässigungen in der That erlaubt sind, war es zunächst nothwendig, die Formel 8) zu prüfen. Die Entfernung m der Condensatorplatten liess sich absolut nicht genau messen, wohl aber liess sich die Verschiebung der Condensatorplatten, also die Unterschiede des m bei verschiedenen Versuchen, genau bestimmen. Die Formel 8) zeigt, dass die Differenzen von λ den Differenzen der dazu gehörigen m proportional sein müssen. Um λ zu bestimmen, wurde zuerst die Capacität des Condensators bei den verschiedenen Plattendistanzen nach Formel 4) berechnet. Zog man davon die Trennungscapacität ab, so ergab sich $\varkappa$, sein reciproker Werth ist λ. Um an einem Beispiel zu zeigen, wie die letztere Formel anzuwenden ist, sowie um einen Begriff von der Übereinstimmung der einzelnen von mir beobachteten Zahlen zu geben, lasse ich hier die vollen Details der betreffenden Beobachtungsreihe folgen, während ich bei allen folgenden Beobachtungsreihen blos die gefundenen Werthe von λ anführen werde, da die Mittheilung jeder einzelnen Ablesung zu viel

Raum erfordern würde, und sich die Berechnung der übrigen λ ohnehin in ganz analoger Weise vollzog. Die Zahlen der ersten Rubrik numeriren blos die betreffende Ablesung und bezeichnen zugleich deren Reihenfolge. Die Zahlen der Rubrik *B* geben an, der wievielte Theilstrich des Gitters *G* (Fig. 3) mit dem Fadenkreuze des Mikroskops coïncidirte. Ihre Differenzen geben also die Differenzen der entsprechenden Plattendistanzen in Zehntelmillimetern. In Rubrik *C* ist die Zahl der Daniell'schen Elemente eingetragen, mit denen der Condensator geladen wurde. Die Zahl der Rubrik *D* gibt an, um den wievielten Scalentheil das Flammenbildchen während der Ladung des Elektrometers schwang, die der Rubrik *E* aber gibt immer die dazu gehörige Ruhelage, d. h. den Theilstrich, um den das Flammenbild $^2/_3$ Minuten nach der Entladung des Elektrometers schwang. In der Rubrik *F* sind die Differenzen der unter *D* und *E* angeführten Zahlen, also die unmittelbar abgelesenen Ausschläge des Elektrometers aufgeführt. In den beiden letzten Columnen stehen dieselben Ausschläge nach der Tabelle in §. 1 corrigirt, also die den mitgetheilten Elektricitätsmengen proportionalen Ausschläge, und zwar wurden die in der Columne *c* eingetragenen Ausschläge erzeugt, indem zuerst der Condensator mit der Batterie geladen, dann von denselben getrennt und dauernd mit dem Elektrometer verbunden wurde; sie sind es also, die wir in §. 5 Condensatorausschläge nannten und mit *c* bezeichneten. Die in der Columne *c* eingetragenen Ausschläge dagegen wurden durch directe dauernde Verbindung des Elektrometers mit der Batterie erzeugt; sie sind also die Batterieausschläge *b* des §. 5, wobei noch zu bemerken ist, dass 17 Elemente das Flammenbild weit über die Grenzen der Scala hinaus abgelenkt hätten, weshalb zuerst der von sechs hervorgebrachte Ausschlag, dann der von den nächsten sechs und endlich der vom Reste bewirkte Ausschlag bestimmt wurde. Die Summe dieser drei Ausschläge ist dann derjenige, den alle 17 Elemente gegeben hätten, und der in der Rubrik *b* zwischen der 19. und 20. Beobachtung angeführt ist. Die beiden Beobachtungen 37 und 38 wurden nach Entfernung der anderen Condensatorplatte gemacht; sie dienten also zur Bestimmung der Trennungscapacität.

Man sieht, dass jede Capacität viermal beobachtet wurde, zweimal zu Anfang und zweimal zum Schlusse. Die vier Ablesungen 1, 3, 34, 36 beziehen sich auf ganz dieselbe Capacität, ebenso die Ablesungen 4, 5, 32, 33 u. s. w. Die grosse Übereinstimmung dieser Zahlen, sowie die Regelmässigkeit, mit der sich der durch die Batterie erzeugte Ausschlag änderte (welche Veränderungen nicht in Beobachtungsfehlern, sondern sicher in Schwankungen der elektromotorischen Kraft begründet sind, man vergleiche die Ablesungen 2, 10, 18, 35), geben einen Begriff von der Genauigkeit, welche die Elektrometerablesungen zulassen.

A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*c*	*b*
1	1	6	148	359½	211½	299	
2	—	6	51¾	359	307¼		300½
3	1	6	147¾	359	211¼	208¾	
4	3	6	207	359½	152½	151½	
5	3	6	207	359½	152½	151½	
6	5	6	238¾	359¼	120½	120	
7	5	6	238¼	359¼	121	120½	
8	7	6	258¾	359¼	100½	100¼	
9	7	6	258¾	359¾	100½	100¼	
10	—	6	52	358¾	306¾		300
11	9	17	111½	359½	248	244	
12	9	17	111½	359¾	247¾	243¼	
13	13	17	162	360	198	195¾	
14	13	17	162	359¾	197¾	195½	
15	17	17	193½	360	166½	165¼	
16	17	17	193¼	360	166¾	165½	
17	25	17	230	360½	130½	129¾	
18			52¾	359½	306¾		300
19	—	17	54½	359¼	304¾		
20			106	359½	253½		847
21	25	17	230	360½	130½	129¾	
22	17	17	194	360	166	164¾	
23	17	17	193½	359¾	166¼	165	
24	13	17	162¼	360	197¾	195½	
25	13	17	162½	360	197½	195¼	
26	9	17	111¾	359¾	248	244	
27	9	17	110¾	359	248¼	244¼	

A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*c*	*b*
28	7	6	258 1/2	359 1/4	100 3/4	100 1/2	
29	7	6	259	359 1/2	100 1/2	100 1/4	
30	5	6	239	359 1/2	120 1/2	120	
31	5	6	239	359 1/2	120 1/2	120	
32	3	6	207 1/4	359 1/4	152	151	
33	3	6	207 1/4	359 1/4	152	151	
34	1	6	147 1/4	358 3/4	211 1/2	209	
35	—	6	52	358 1/4	306 1/4		299 1/2
36	1	6	147	358 1/2	211 1/2	209	
37	∞	17	321 1/2	360	38 1/2	38 1/2	
38	∞	17	321 1/4	360	38 3/4	38 3/4	

Es handelt sich jetzt darum, diese Zahlen zur Berechnung der Grösse λ nach Formel 4) zu verwenden. Da es sich immer nur um die Verhältnisse verschiedener Capacitäten, niemals um deren absolute Werthe handelt, so kann die in dieser Formel vorkommende Grösse E gleich 1 gesetzt werden. Dadurch erscheinen alle Capacitäten durch E dividirt; ihr Verhältniss bleibt also ungeändert. Die Grössen b und c der Formel 4) sind die in den Columnen b und c angeführten. Da für jede untersuchte Capacität vier Werthe von c beobachtet wurden, so nahm ich immer das Mittel aller vier und substituirte es für c in die Formel; für b nahm ich die zwischen den Beobachtungen 19 und 20 stehende Zahl oder das Mittel der Beobachtungen 2, 10, 18, 35, je nachdem bei dem betreffenden Versuche 6 oder 17 Elemente angewendet wurden. Die in dieser Weise gefundenen Werthe der Capacität k des Condensators sind in der zweiten Columne der folgenden Tabelle zusammengestellt, deren erste Columne die dazu gehörigen Distanzen der Condensatorplatten in Millimetern enthält, wobei jedoch die Distanz der Condensatorplatten beim ersten Versuche, weil sie unbekannt ist, mit x bezeichnet wurde.

	k	$\lambda = \frac{1}{x}$	
x	2·3023	0·444	2·92
$x+0·2$	1·0200	1·028	2·91
$x+0·4$	0·6693	1·609	2·93
$x+0·6$	0·5033	2·195	2·96
$x+0·8$	0·4066	2·786	2·90
$x+1·2$	0·3013	3·944	2·95
$x+1·6$	0·2428	5·126	2·94
$x+2·4$	0·1814	7·479	
∞	0·0477		

Die letzte Zahl der zweiten Columne ist die von uns als Trennungscapacität bezeichnete. Zieht man sie von den Werthen für k ab, so erhält man die mit x bezeichnete Grösse; deren reciproker Werth λ ist in der dritten Columne angegeben.

Die vierte Columne aber enthält die Differenz zweier sich folgender Werthe von λ, dividirt durch die Differenz der dazu gehörigen Distanzen der Condensatorplatten. Bedenkt man, dass diese Distanz von Versuch zu Versuch nur um wenige Zehntelmillimeter verändert wurde, dass also die geringsten Fehler in der Einstellung schon ganz bedeutend aliquote Theile der Gesammtveränderung der Distanz der Condensatorplatten sind, so muss man die Übereinstimmung der Zahlen in der letzten Columne als eine sehr erfreuliche bezeichnen. Die im früheren auseinandergesetzte Theorie der Berechnung der Capacität des Condensators findet also durch das Experiment ihre vollste Bestätigung, ein Beweis, dass die bei derselben gemachten Vernachlässigungen in der That erlaubt waren.

§. 8.

Numerische Berechnung der Dielektricitätsconstanten.

Nachdem dies constatirt war, konnte ich zur Untersuchung des Verhaltens der isolirenden Zwischenschichten übergehen. Nach der auseinandergesetzten Theorie soll die Capacität des

Condensators nicht von der Lage der isolirenden Schicht zwischen den Condensatorplatten abhängen.

Ich prüfte dies mit einer dazwischen gebrachten Hartgummiplatte. Bei unveränderter Distanz der Condensatorplatten bewirkte ich durch kleine lose dazwischen gesteckte Siegellackstückchen, dass die Hartgummiplatte bald an der einen, bald an der anderen Condensatorplatte anlag, bald auch sich ungefähr in der Mitte zwischen beiden befand. Der Condensator wurde bei jeder Stellung der Hartgummischicht genau mit derselben Batterie geladen und dann dauernd mit dem Elektrometer verbunden. Bei einer Versuchsreihe, wobei die Distanz der Condensatorplatten etwa $1^1/_2$mal so gross, als die Dicke der isolirenden Schicht war, erhielt ich hiebei folgende Ausschläge:

Hartgummi	in der Mitte	265, $264^1/_2$,
„	an der Condensatorplatte *M*	265, 264,
„	„ „ „ *N*	$264^3/_4$, $264^1/_2$.

Bei einer anderen Versuchsreihe, wobei die Distanz der Condensatorplatten reichlich gleich der doppelten Dicke der Hartgummiplatte war, ergaben sich folgende Ausschläge:

Hartgummi	in der Mitte . .	$202^3/_4$, $202^3/_4$,
„	an der Platte *M* .	$203^1/_4$, $202^3/_4$,
„	„ „ „ *N* .	$203^1/_4$, $202^3/_4$.

Der überall beigefügte zweite Ausschlag wurde bei der Wiederholung der Versuchsreihe in der entgegengesetzten Reihenfolge erhalten. Die Übereinstimmung aller dieser Ausschläge ist so gross, dass ich dadurch für bewiesen halte, dass die Stellung der isolirenden Platte keinen Einfluss auf die Capacität hat, und dies auch in den übrigen Isolatoren nicht weiter prüfte. Um noch zu prüfen, ob der hervorragende Rand der Isolatorplatten keine Störung hervorruft, stellte ich die Hartgummiplatte so, dass auf der einen Seite der Rand fast gar nicht über den Rand der Condensatarplatten hervorragt, was ich die Stellung *B* nennen will, während derselbe sonst immer auf beiden Seiten nahe gleich viel hervorragte (Stellung *A*). Ich erhielt,

wenn die Distanz der Condensatorplatten nicht viel grösser war, als die Dicke der Hartgummiplatte, folgende Ausschläge:

Stellung	*A* . .	$334^3/_4$,	$334^1/_4$,
„	*B* . .	$334^1/_4$,	$334^1/_4$,
„	*C* . .	$332^3/_4$,	$332^1/_2$,

wenn sie etwa $1^1/_2$mal so gross als die Dicke des Hartgummi war

Stellung	*A* . .	$264^1/_2$,	$264^1/_4$,
„	*B* . .	$264^1/_4$,	264.

Bei Stellung *C* ragten die Condensatorplatten auf einer Seite schon ein wenig über die Hartgummiplatte hervor; dann erst trat also eine Verminderung der Capacität ein.

Um auch noch die Formel 9) zu prüfen, wurde die Capacität des Condensators bei verschiedenen Distanzen der Condensatorplatten, theils wenn, theils ohne dass die isolirende Schicht dazwischen war, geprüft. Die Differenzen von λ müssen dann wieder den Differenzen der Entfernungen der Condensatorplatten proportional sein. Da sich dies bei Hartgummi und Paraffin wirklich zeigte, so habe ich es bei den übrigen Substanzen nicht weiter geprüft. Ich untersuchte 3 Hartgummi-, 2 Paraffin-, 2 Schwefel- und 2 Colophoniumplatten. Mit jeder Platte wurden zwei oder drei Beobachtungsreihen gemacht, deren Resultat in den folgenden Tabellen zusammengestellt ist. Jeder Platte ist auch ihre mittlere Dicke (n) in Millimetern beigefügt. Die Dicke der Paraffin-, Colophonium- und Schwefelplatten mass ich mit dem Condensator selbst; ich zerschnitt denjenigen Theil, der sich zwischen den Condensatorplatten befunden hatte, in 32 gleich grosse Quadrate. Jedes derselben wurde zwischen die Knöpfe *E* und *F* des Condensators (Fig. 3) gebracht, welche dann durch die Kautschukschnüre *K* und *L* sanft aneinandergepresst wurden. Das zu messende Stück war dabei sehr leicht beweglich, damit es sich nicht schief zwischen die Messingknöpfe stelle.

Nun wurde der Theilstrich des Gitters *G* bestimmt, auf den das Mikroskop visirte; Bruchstücke von Theilstrichen wurden in bekannter Weise mit einer Trommel bestimmt. Hierauf wurde das Stück der isolirenden Substanz zwischen den Messing-

knöpfen herausgenommen und dieselben unmittelbar aneinandergedrückt. Die Differenz der Ablesungen im Mikroskope in beiden Fällen gab die Dicke des gemessenen Stückes, und zwar bei Anwendung einiger Vorsicht mit grosser Genauigkeit. Es wäre auch ganz ohne schädlichen Einfluss gewesen, wenn die Striche des Gitters G (deren Äquidistanz geprüft wurde) sich nicht genau im Abstande von $^1/_{10}$ Mm. befunden hätten, da es ja blos darauf ankam, die Verschiebung der Condensatorplatten im selben Masse wie die Dicke der isolirenden Platten zu messen. Ich mass auf diese Weise die Dicke aller isolirenden Platten an 32 Stellen, und nahm aus allen diesen Messungen das Mittel. Die Dicke der Hartgummiplatten, die ich nicht zerschneiden wollte, mass ich später durch einen aufgestützten Hebel mit Spiegelablesung, und reducirte sie hernach auf dasselbe Mass, wobei jedoch vielleicht nicht ganz dieselbe Genauigkeit erzielt wurde. Ich lasse nun die Tabellen folgen. Die erste Columne derselben enthält wieder die Distanzen der Condensatorplatten in Millimetern, wobei wieder die kleinste, die übrigens für die verschiedenen Versuchsreihen verschieden war, mit x bezeichnet wurde. Die mit λ überschriebene Columne enthält die dazu gehörigen Werthe von $\lambda = \frac{1}{x}$, die Columne δ aber enthält die Differenzen zweier sich folgender Werthe von λ gebrochen durch die Differenz der entsprechenden Distanzen der Condensatorplatten.

Ein dem x beigefügter Stern zeigt an, dass bei dem Versuche die Isolatorplatte sich zwischen den Condensatorplatten befand. Sonst war zwischen denselben nur Luft. Wie bei der im vorigen Paragraph mitgetheilten Versuchsreihe ward jede Capacität 2mal zu Anfang und 2mal zum Schluss gemessen, und aus allen vier Messungen das Mittel genommen.

Hartgummiplatte I, $n = 1 \cdot 0824$ Mm.

	Versuchsreihe 1		Versuchsreihe 2		Versuchsreihe 3	
	λ	δ	λ	δ	λ	δ
x	0·634	2·456	0·577	2·474	0·575	2·477
$x+0·7$	2·353	2·449	2·309	2·496	2·309	2·510
$x+1·4$	4·067		4·056		4·066	
$*x+1·4$	2·259	2·443	2·207	2·491	2·208	2·506
$*x+2·1$	3·969	2·479	3·951	2·497	3·962	2·494
$*x+2·8$	5·704		5·699		5·708	
	$G = 2·455$		$G = 2·484$		$G = 2·491$	
	$D = \begin{cases} 3·14 \\ 3·17 \\ 3·12 \end{cases}$		$D = \begin{cases} 3·19 \\ 3·17 \\ 3·14 \end{cases}$		$D = \begin{cases} 3·20 \\ 3·16 \\ 3·15 \end{cases}$	
	D im Mittel gleich 3·17					

Hartgummiplatte II, $n = 1 \cdot 5851$ Mm.

	Versuchsreihe 1		Versuchsreihe 2	
	λ	δ	λ	δ
x	0·855	2·479	1·183	2·516
$x+0·7$	2·590	2·497	2·944	2·548
$x+1·4$	4·338		4·728	
$*x+1·4$	1·668	2·460	2·008	2·503
$*x+2·1$	3·390	2·457	3·760	2·526
$*x+2·8$	5·110		5·528	
	$G = 2·479$		$G = 2·524$	
	$D = \begin{cases} 3·09 \\ 3·12 \\ 3·16 \end{cases}$		$D = \begin{cases} 3·10 \\ 3·13 \\ 3·13 \end{cases}$	
	D im Mittel gleich 3·11			

Hartgummiplatte III, $n = 3 \cdot 6294$ Mm.

	Versuchsreihe 1		Versuchsreihe 2	
	λ	δ	λ	δ
x	1·451	2·939	1·439	2·936
$x+0 \cdot 7$	3·508	2·966	3·494	2·948
$x+2 \cdot 1$	7·661	3·051	7·618	3·057
$x+3 \cdot 5$	11·932		11·901	
$*x+3 \cdot 5$	4·428	2·848	4·389	2·853
$*x+4 \cdot 9$	8·416		8·383	
	$G = 2 \cdot 955$		$G = 2 \cdot 950$	
	$D = \begin{cases} 3 \cdot 19 \\ 3 \cdot 34 \end{cases}$		$D = \begin{cases} 3 \cdot 21 \\ 3 \cdot 35 \end{cases}$	
	D im Mittel gleich 3·20			

Paraffinplatte I, $n = 1 \cdot 6947$ Mm.

	Versuchsreihe 1		Versuchsreihe 2		Versuchsreihe 3	
	λ	δ	λ	δ	λ	δ
x	1·157	2·842	1·145	2·841	1·153	2·858
$x+0 \cdot 9$	3·715	2·837	3·702	2·866	3·725	2·871
$x+1 \cdot 8$	6·268		6·282		6·309	
$*x+1 \cdot 8$	3·575	2·874	3·560	2·893	3·581	2·880
$*x+2 \cdot 7$	6·162		6·164		6·173	
	$G = 2 \cdot 845$		$G = 2 \cdot 856$		$G = 2 \cdot 865$	
	$D = \begin{cases} 2 \cdot 28 \\ 2 \cdot 25 \end{cases}$		$D = \begin{cases} 2 \cdot 59 \\ 2 \cdot 25 \end{cases}$		$D = \begin{cases} 2 \cdot 28 \\ 2 \cdot 27 \end{cases}$	
	D im Mittel gleich 2·28					

Paraffinplatte II, $n = 2 \cdot 3276$ Mm.

	Versuchsreihe 1		Versuchsreihe 2	
	λ	δ	λ	δ
x	0·747	2·876	0·748	2·879
$x+0·8$	3·048		3·051	
$x+1·6$	5·312	2·830	5·324	2·841
$x+2·4$	7·655	2·929	7·656	2·915
$*x+2·4$	3·803		3·816	
$*x+3·0$	5·519	2·860	5·502	2·810
	$G = 2·870$		$G = 2·869$	
	$D = \begin{cases} 2·34 \\ 2·35 \end{cases}$		$D = \begin{cases} 2·33 \\ 2·36 \end{cases}$	
	D im Mittel gleich 2·34			

Schwefelplatte I, $n = 1 \cdot 4205$ Mm.

	Versuchsreihe 1		Versuchsreihe 2	
	λ	δ	λ	δ
x	0·367	3·459	0·593	3·506
$x+0·9$	3·480		3·750	
$x+1·8$	6·575	3·439	6·880	3·478
$*x+1·8$	2·944		3·221	
	$G = 3·452$		$G = 3·497$	
	$D = 3·87$		$D = 3·83$	
	D im Mittel gleich 3·85			

Schwefelplatte II, $n = 2 \cdot 5594$ Mm.

	Versuchsreihe 1		Versuchsreihe 2	
	λ	δ	λ	δ
x	1·073	3·446	1·023	3·463
$x+0·7$	3·485	3·496	3·447	3·503
$x-2·1$	8·380		8·351	
$*x+3·0$	4·909		4·882	
	$G = 3·463$		$G = 3·476$	
	$D = 3·84$		$D = 3·82$	
	D im Mittel gleich 3·8			

Colophoniumplatte I, $n = 1·5770$ Mm.

	Versuchsreihe 1			Versuchsreihe 2	
	λ	δ		λ	δ
x	0·651	3·459	x	0·644	3·463
$x+0·7$	3·072	3·452	$x+0·7$	3·068	3·448
$x+2·1$	7·905		$x+2·1$	7·895	
$*x+2·0$	4·226		$*x+1·8$	3·545	
	$G = 3·457$			$G = 3·458$	
	$D = 2·58$			$D = 2·56$	
	D im Mittel gleich 2·57				

Colophoniumplatte II, $n = 2 \cdot 5466$ Mm.

	Versuchsreihe 1		Versuchsreihe 2		Versuchsreihe 3	
	λ	δ	λ	δ	λ	δ
x	2·272	3·474	2·279	3·477	2·308	3·469
$x+0·7$	3·704		4·713		4·731	
		3·516		3·508		3·487
$x+2·1$	9·626		9·625		9·614	
$*x+3·0$	7·372		7·357		7·358	
	$G = 3·488$		$G = 3·487$		$G = 3·475$	
	$D = 2·52$		$D = 2·54$		$D = 2·54$	
	D im Mittel gleich 2·53					

Die Constanz der Zahlen in der Columne δ ist eine Bestätigung der Formel 9). (Diese Zahlen sollen nur für jede Versuchsreihe constant sein; dass sie von einer Versuchsreihe zur anderen variiren, erklärt sich daraus, dass sich die Distanz der Platten des kleinen dauernd mit dem Elektrometer verbundenen Condensators und auch die Elektrisirung des letzteren von einer Versuchsreihe zur anderen etwas veränderte.) Nur bei der Hartgummiplatte III ist die Constanz minder befriedigend, weil wegen der Dicke dieser Hartgummiplatte die Distanz der Condensatorplatten so sehr vergrössert werden musste, dass dieselbe nicht mehr als sehr klein angenommen werden kann, wie es unsere Formeln voraussetzen. Aber auch hier sind die Abweichungen nicht sehr gross. Aus den Zahlen der obigen Tabellen ist jetzt nach Formel 9) die Dielektricitätsconstante zu berechnen. Zunächst brauchen wir da für jede Versuchsreihe die Kenntniss der Constanten G. Sei λ_1 der reciproke Werth der Grösse x bei der Distanz m_1 der Condensatorplatten, ebenso λ_2 derselbe bei der Distanz m_2, ohne dass eine dielektrische Zwischenschicht sich zwischen denselben befindet, so folgt aus Formel 8): $Gm_1 = \lambda_1$, $Gm_2 = \lambda_2$, daher $G = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{m_2 - m_1}$; die in der

Columne δ stehenden Zahlen sind also geradezu die Werthe der Constanten G. Ich nahm da für jede Versuchsreihe den Mittelwerth aus allen Zahlen der Columne δ, wobei ich jedoch aus leicht begreiflichen Gründen den bei kleineren Distanzen gemessenen Werthen ein grösseres Gewicht beilegte. Jeder vorhergehenden Zahl gab ich das doppelte Gewicht wie der nachfolgenden. Bei jeder Versuchsreihe habe ich den Werth beigefügt, den ich für dieselbe dem G beilegte. Übrigens stimmen die Zahlen der Columnen δ ohnedies so gut unter einander überein, dass es auf das Resultat ohne wesentlichen Einfluss ist, auf welche Art man das Mittel nimmt. Ist einmal G bestimmt, so ergibt sich D aus Formel 9). Bezeichnen wir den reciproken Werth von $\varkappa$, wenn die isolirende Schicht von der Dicke n dazwischen ist, mit λ_3, die dazu gehörige Distanz der Condensatorplatten mit m_3, so ist nach dieser Formel

$$\lambda_3 = G\left(m_3 - n + \frac{n}{D}\right).$$

Da der absolute Werth von m_3 nicht bekannt ist, so wollen wir davon die Gleichung $\lambda_1 = Gm_1$ subtrahiren, wobei m_1 die kleinste Distanz sein soll, welche die Condensatorplatten hatten, während blos Luft dazwischen war. Wir erhalten

$$\lambda_3 - \lambda_1 = G\left(m_3 - m_1 - n + \frac{n}{D}\right),$$

und daraus

$$D = \frac{n}{\frac{\lambda_3 - \lambda_1}{G} - m_3 + m_1 + n}. \qquad 10)$$

Nach dieser Formel wurden die Werthe von D berechnet, welche in den vorhergehenden Tabellen jeder Beobachtungsreihe beigefügt sind. Wo bei dazwischen befindlicher Isolatorschicht die Capacität des Condensators bei mehreren Plattendistanzen gemessen wurde, sind auch mehrere Werthe von D angegeben, und zwar bezieht sich der erste immer auf die kleinste, die folgenden auf die grösseren Plattendistanzen. Der erste dürfte also der genaueste sein.

Bei der ersten Versuchsreihe, die mit der Hartgummiplatte I angestellt wurde, wurde z. B. die Capacität des Condensators mit dazwischen befindlicher Hartgummiplatte bei drei verschiedenen Plattendistanzen gemessen. Dabei ergaben sich für λ_3 die Werthe 2·259, 3·969, 5·704. Die dazu gehörigen Plattendistanzen, also die Werthe von m_3 sind $x_1 + 1 \cdot 4$, $x + 2 \cdot 1$, $x + 2 \cdot 8$. Nehmen wir den ersten Werth von λ_3, so haben wir also

$$\lambda_3 = 2 \cdot 259, \quad m_3 = x + 1 \cdot 4.$$

Für dieselbe Versuchsreihe ist die kleinste Plattendistanz, also m_1 gleich x; dazu gehört $\lambda_1 = 0 \cdot 634$; G aber ist gleich 2·455; n gleich 1·0824. Diese Werthe in die Formel 10) substituirt, geben:

$$D = \frac{1 \cdot 0824}{\frac{2 \cdot 259 - 0 \cdot 634}{2 \cdot 455} - 1 \cdot 4 + 1 \cdot 0824} = 3 \cdot 14.$$

Ein Blick auf die jedesmal am Schlusse der vorhergehenden Tabellen angegebenen Werthe der Dielektricitätsconstanten D zeigt, dass sowohl die aus den verschiedenen mit einer und derselben Platte angestellten Versuchsreihen; als auch die für die verschiedenen Platten aus derselben Substanz gefundenen Werthe derselben in sehr erfreulicher Weise übereinstimmen. Nur für die letzten Werthe des D bei der Hartgummiplatte III gilt dies weniger. Da der Grund hievon ohne Zweifel in der zu grossen Distanz der Condensatorplatten zu suchen ist, so wurden diese Werthe beim Nehmen des Mittels ganz verworfen. Bei den anderen Versuchsreihen, aus denen sich mehrere Werthe von D ergaben, habe ich wieder dem vorhergehenden immer das doppelte Gewicht wie dem nachfolgenden beigelegt.

Ich erwähne hier noch eines Versuchs, wobei ich gleichzeitig die Hartgummiplatte II und die Schwefelplatte I zwischen die Condensatorplatten brachte. Bezeichnen wir die Distanz der letzteren hiebei mit m_4, den Werth von $\frac{1}{x}$ mit λ_4, Dicke und Dielektricitätsconstante für die Hartgummiplatte mit n_1 und D_1,

für die Schwefelplatte mit n_2 und D_2, so findet man leicht aus der früher auseinandergesetzten Theorie

$$\lambda_3 = G\left(m_3 - n_1 - n_2 + \frac{n_1}{D_1} + \frac{n_2}{D_2}\right).$$

Um G zu finden, wurde gleichzeitig, während blos Luft zwischen den Condensatorplatten war, die Capacität bei den Distanzen x, $x+0{\cdot}7$, $x+2{\cdot}1$ gemessen, für welche sich ergab: λ gleich 1·980, 4·448, 9·483. Bestimmt man hieraus genau wie früher G, so erhält man

$$G = 3{\cdot}549, \quad x = 0{\cdot}5579 \text{ Mm.}$$

Die Distanz m_3 der Condensatorplatten, während sich beide Isolatorschichten dazwischen befanden, war $x+3 = 3{\cdot}5579$ Mm. Ferner fanden wir früher für jene beiden Isolatorplatten

$$n_1 = 1{\cdot}5851, \; D_1 = 3{\cdot}11, \; n_2 = 1{\cdot}4205, \; D_2 = 3{\cdot}85.$$

Die Substitution dieser Werthe in die obige Formel liefert $\lambda_3 = 5{\cdot}078$, während das Experiment ergab $\lambda_3 = 5{\cdot}092$.

Die Übereinstimmung dieser beiden Werthe zeigt, dass sich auch die Capacität des Condensators, wenn gleichzeitig mehrere isolirende Schichten eingeschoben sind, ganz so verhält, wie es die Theorie fordert.

Da das Paraffin, aus dem die Paraffinplatten I und II gegossen waren, aus verschiedener Quelle stammte (die Platte I hatte einen merklichen Geruch), so glaube ich, dass die Verschiedenheit der für dieselben gefundenen Dielektricitätsconstanten in einer Verschiedenheit des Materials ihren Grund hat. Um den Einfluss der Zusammensetzung aus flüchtigeren und weniger flüchtigen Bestandtheilen zu prüfen, goss ich aus dem Materiale der Platte II eine dritte Platte, nachdem ich es zuvor während längerer Zeit so stark erhitzt hatte, dass seine Dämpfe Papier bräunten. Diese dritte Platte, welche überdies bis zu ihrer Untersuchung sorgfältig vor der Berührung mit Wasserdampf bewahrt wurde, zeigte die Dielektricitätsconstante 2·31, verhält sich also durchaus nicht anders als die Platte II.

§. 9.

Versuche mit dem Quecksilbercondensator.

Bei allen bisher beschriebenen Versuchen befand sich zwischen den Condensatorplatten ausser der Schicht, deren Dielektricitätsconstante bestimmt werden sollte, auch noch eine Luftschicht. Obwohl nun die grosse Übereinstimmung aller Versuchsresultate mit der Theorie kaum einen Zweifel über die Zulässigkeit der Voraussetzungen zulässt, welche ich machte, um den schädlichen Einfluss dieser Luftschicht zu eliminiren, so wünschte ich doch auch Versuche zu machen, wobei die dielektrische Schicht ganz allein zwischen den Condensatorplatten war. Ein Andrücken der vergoldeten Messingplatten an die dielektrische Schicht genügte da keineswegs, weil dadurch nicht alle Luft entfernt werden konnte, und auch die Distanz der Condensatorplatten hiedurch unbestimmbar wurde.

Auch ein Einschmelzen der isolirenden Substanz zwischen die Condensatorplatten schien mir keine genügende Garantie für die Unveränderlichkeit der Distanz der Condensatorplatten vor und nach dem Einschmelzen zu geben. Ich ersann daher eine andere Methode. Ich verschaffte mir einen Papierstreifen, dessen Breite gleich der Dicke der vergoldeten Condensatorplatten und dessen Länge (natürlich abgesehen von den über einander geklebten Enden) genau gleich der Peripherie der Condensatorplatten war. Die beiden Enden dieses Papierstreifens wurden aufeinander geklebt, so dass derselbe geometrisch vollkommen congruent mit der cylindrischen Mantelfläche der Condensatorplatte war. Dieser Papierstreifen wurde auf eine Hartgummiplatte geklebt, welche blos als Träger fungirte, und genau horizontal auf drei hohen Siegellackstangen stand. Der Raum innerhalb des Papierstreifens wurde nun ganz voll mit Quecksilber gegossen; die ganze Masse dieses Quecksilbers nahm also nahezu dieselbe Gestalt, wie die Condensatorplatte an. Auf die zu untersuchende Isolatorplatte wurde nun ein vollkommen gleich beschaffener Papierring geklebt, und dieselbe wurde mit jener Seite, auf der sich der Papierring nicht befand, auf das Niveau des Quecksilbers so aufgelegt, dass keine Luftblasen

zwischen ihr und dem Quecksilber blieben. Schliesslich wurde in den auf die Isolatorplatte aufgeklebten Papierring, der sich also ganz oben befand, ebenfalls Quecksilber gegossen, so dass sich die Isolatorplatte zwischen zwei horizontalen Quecksilberplatten befand, welche möglichst die Gestalt der Platten des Kohlrausch'schen Condensators hatten. Die Beobachtung wurde etwas unsicher dadurch, dass sich das Quecksilber, wenn es rein war, durch Capillarität am Rande nicht ganz an die Isolatorplatte anlegte; war es aber unrein, so blieb es stellenweise auch noch ausserhalb des Papierrandes an der Isolatorplatte haften. Auch war es nicht ganz leicht, die Isolatorplatte so auf das Quecksilber aufzusetzen, dass sich die obere Quecksilberscheibe genau vertical über der unteren befand. Doch konnten bei grosser Sorgfalt die aus allen diesen Ursachen stammenden Fehler auf ein Minimum reducirt werden. Vielleicht gelänge dies noch besser, wenn man die isolirende Schicht zu beiden Seiten mit kreisförmigen Scheiben von Staniol oder Platinfolie bekleiden würde, und diese erst in das Quecksilber tauchen liesse. Übrigens wurden bei jeder Versuchsreihe die Isolatorscheiben etwas hin und her gerückt, und dann ihre Capacität nochmals mehrere Male bestimmt, oder sie wurden ganz neu aufgesetzt und wieder auf ihre Capacität untersucht.

Die Capacität des Quecksilbercondensators wurde ganz so, wie die des Kohlrausch'schen gemessen. Die eine Quecksilberplatte wurde dauernd mit der Erde verbunden, die andere aber zuerst mit der Batterie geladen, dann von derselben getrennt und mit dem Elektrometer verbunden. Aus dem Ausschlage desselben und dem Batterieausschlage wurde die Capacität k des Quecksilbercondensators bestimmt. Um aus dieser Capacität die Dielektricitätsconstante berechnen zu können, müsste auch noch die Capacität bei derselben Plattendistanz bekannt sein, wenn sich zwischen denselben nur Luft befindet. Diese Capacität konnte natürlich an den Quecksilberplatten nicht direct gemessen werden. Um sie zu berechnen, untersuchte ich vielmehr zuvor und darnach die Capacität k des Kohlrausch'schen Condensators bei mehreren Plattendistanzen, während blos Luft zwischen den Platten war. Daraus

konnte zunächst ganz wie früher die Constante G und aus ihr die Capacität k'' bestimmt werden, welche der Kohlrausch'sche Condensator gehabt hätte, wenn die Distanz der Condensatorplatten genau gleich der Dicke der isolirenden Schicht gewesen wäre. In dieser Distanz befanden sich nämlich die beiden Quecksilberplatten, und da ihre Gestalt dieselbe, wie die der Kohlrausch'schen Condensatorplatte war, so kann man annehmen, dass ihre Capacität ebenfalls gleich k'' gewesen wäre, wenn sich zwischen denselben ohne Veränderung ihrer Gestalt und Distanz Luft befunden hätte. Die von den Zuleitungsdrähten und dem Rande bewirkte Störung eliminirte ich ganz wie früher, indem ich von den Capacitäten k, k' und k'' die Capacität abzog, welche der einen Condensatorplatte nach Entfernung der anderen mit der Erde verbundenen zukam. Die nach dieser Subtraction sich ergebenden Werthe $\varkappa$, $\varkappa'$ und $\varkappa''$ wurden als corrigirte Capacitäten bei Berechnung der Dielektricitätsconstante verwendet. Dabei zeigte es sich, dass nach Entfernung der mit der Erde verbundenen Platte die Quecksilberplatte eine bedeutend kleinere Capacität hatte, als die Metallplatte des Kohlrausch'schen Condensators. Die Capacität der ersteren war 0·036, die der letzteren 0·059. Es musste da natürlich von den an jedem Condensator beobachteten Capacitäten die diesem Condensator entsprechende Trennungscapacität abgezogen werden. Es wäre dies vermieden worden, wenn der Kohlrausch'sche Condensator weniger Holzbestandtheile gehabt hätte; denn sie allein vermehrten seine Trennungscapacität so bedeutend. In der folgenden Tabelle sind immer die reciproken Werthe von $\varkappa$, $\varkappa'$ und $\varkappa''$ angegeben, welche wir λ, λ' und λ'' nennen wollen.

Die Dielektricitätsconstante D ist das Verhältniss der Capacitäten des Condensators, wenn sich einmal Luft, das andere Mal die isolirende Substanz zwischen den Platten desselben befindet. Es ist also

$$D = \frac{\varkappa}{\varkappa''} = \frac{\lambda''}{\lambda}.$$

Ich untersuchte zwischen den Quecksilberplatten nur zwei Substanzen, nämlich Hartgummi und Paraffin. Die befriedi-

gende Übereinstimmung, die sich bei diesen beiden ergab, liess mir eine Untersuchung der übrigen nicht nothwendig erscheinen, die ich wegen ihrer grossen Gebrechlichkeit nicht zu vielen Gefahren aussetzen wollte, damit sie nicht vor der Dickenbestimmung zerbrächen. Schwefel wäre zudem vom Quecksilber angegriffen worden. Die sechs letzten Columnen der folgenden Tabelle geben die Resultate der sechs mit Hartgummi und Paraffin angestellten Versuchsreihen.

Bei der ersten, zweiten und fünften Versuchsreihe wurde nur eine Isolatorplatte der Untersuchung unterzogen; bei den übrigen aber wurden mehrere Isolatorplatten nach einander untersucht, und vor und nach ihrer Untersuchung für alle gemeinsam die Capacität des Kohlrausch'schen Condensators für mehrere Plattendistanzen geprüft. Die drei ersten Zahlen der sechs letzten Columnen der folgenden Tabelle geben die reciproken Werthe von $\varkappa$ für den Kohlrausch'schen Condensator, während sich zwischen den Platten desselben Luft befand. (In der ersten Columne sind die dazu gehörigen Distanzen der Condensatorplatten angegeben.) Die vierte Zahl der sechs Columnen gibt die daraus berechneten Werthe von G. Dann folgen die für den Quecksilbercondensator gefundenen Werthe von λ und die daraus berechneten Werthe der Dielektricitätsconstante D. Unmittelbar über den betreffenden Werthen von λ und D ist immer die Isolatorplatte angegeben, auf die sie sich beziehen, und zwar sind die drei Hartgummiplatten I, II und III durch die Symbole H I, H II und H III, die beiden Paraffinplatten aber mit P I und P II bezeichnet. Wenn bei einer Versuchsreihe eine Isolatorplatte mehrere Male auf das Quecksilber aufgesetzt wurde, ist in der Tabelle der nach jedem Aufsetzen gefundene Werth von λ besonders angegeben. Bei der Berechnung von D wurde aus allen diesen Werthen das Mittel genommen.

x	0·980	0·540	0·483	0·540	0·545	0·499
$x+0·7$	2·729	2·254	2·136	2·264	3·304	2·157
$x+1·4$	4·497	—	3·786	—	4·055	—
G	2·508	2·449	2·360	2·463	2·508	2·369
	H II	H III	H I	H I	P I	P I
λ	1·312 1·305 1·318	2·704 2·740	0·8535 0·8293	0·8714 0·8551	1·835 1·850 1·844	1·735
D	3·03	3·26	3·04	3·09	2·30	2·31
			H II	H II		P II
λ	—	—	1·196	1·243	—	2·359
D	—	—	3·13	3·14	—	2·33
			H III	H III		
λ	—	—	2·666	2·761	—	—
D	—	—	3·21	3·24	—	—

§. 10.

Versuche bei momentaner Ladung des Condensators.

Bei den früheren Versuchen wurde der Condensator während längerer Zeit mit der Batterie geladen, dann von derselben getrennt und dauernd mit dem Elektrometer verbunden. Der dadurch hervorgerufene Ausschlag hing nicht merklich von der Ladungsdauer ab und blieb auch (abgesehen von einer sehr kleinen Zunahme, von deren wahrscheinlichem Grunde früher die Rede war, und die ganz in derselben Weise eintrat, wenn Luft sich zwischen den Condensatorplatten befand) constant, wenn man den Condensator beliebig lang mit dem Elektrometer in Verbindung liess. Es ist dies ein Beweis, dass die dielektrische Polarisation durch längere Zeit hindurch unverändert bleibt. Um auch noch zu prüfen, ob nicht diese dielektrische Polarisation etwa eine messbare Zeit braucht, um sich herzustellen, stellte ich auch Versuche an, bei denen der Condensator mittelst der am Schlusse des §. 4 beschriebenen Vorrichtung nur

sehr kurze Zeit geladen blieb. Ich stellte nach dieser Methode keine vollständigen Versuchsreihen an, aus denen sich die Dielektricitätsconstante direct hätte berechnen lassen, sondern ich hielt es für zweckmässiger, die Capacität des Condensators, während sich die isolirende Schicht dazwischen befand, ohne das mindeste daran zu verändern, bald bei dauernder, bald bei momentaner Ladung zu messen. Ergab sich seine Capacität in beiden Fällen gleich, so konnte dies als Beweis angesehen werden, dass die dielektrische Polarisation in beiden Fällen dieselbe war, dass sie also nur verschwindende Zeit zu ihrer Herstellung braucht. Ich mass zur Controle zuerst die Capacität des Condensators nach beiden Methoden einige Male, während sich Luft zwischen den Platten desselben befand. Dann erst brachte ich die isolirende Schicht zwischen die Condensatorplatten und mass nun abermals die Capacität nach beiden Methoden. Da hier die Methode der Beobachtung und Berechnung eine etwas andere als bei den früheren Versuchen ist, so will ich mich etwas weiter in die Beschreibung der Details einlassen. Die Versuche wurden sämmtlich mit 18 Daniell'schen Elementen gemacht. Der nach der zweiten Tabelle in §. 1 corrigirte Ausschlag b, den alle 18 Elemente bei dauernder Verbindung mit dem Elektrometer hervorbrachten, war im Mittel 970·4 Scalentheile; der ebenso corrigirte Ausschlag β, den dieselben Elemente bei momentaner Verbindung hervorbrachten, aber war 836·5 Scalentheile. (Es wurde da wieder immer der von je sechs Elementen bewirkte Ausschlag einzeln bestimmt, und alle drei so erhaltenen Ausschläge addirt.) Es war also

$$\frac{\beta}{b} = 0 \cdot 862.$$

Die Capacität des Condensators wurde zuerst, während sich blos Luft zwischen den Condensatorplatten befand, bei drei verschiedenen Distanzen derselben und dann noch dreimal gemessen, wobei sich das erste Mal die Hartgummiplatte II, das zweite Mal die Schwefelplatte I, das dritte Mal die Colophoniumplatte I zwischen den Condensatorplatten befand. Die beiden Paraffinplatten hatte ich leider, als ich diese Versuche

machte, bereits zerschnitten, was ich nachträglich bedauerte, da sich bei Versuchen mit grösseren Elektricitätsmengen, welche ich in einer späteren Abhandlung beschreiben werde, gerade bei Paraffin eine bedeutende Zunahme der dielektrischen Polarisation mit der Zeit der Einwirkung zeigte. Die in der folgenden Tabelle in einer Horizontalreihe stehenden Zahlen beziehen sich auf eine und dieselbe Distanz der Condensatorplatten und Zwischenschicht, und zwar steht unter der Rubrik c der corrigirte Ausschlag, den das Elektrometer zeigte, nachdem der Condensator zuerst dauernd mit der Batterie geladen, dann davon getrennt und dauernd mit dem Elektrometer verbunden wurde; in der Rubrik γ steht der bei momentaner Ladung und Entladung erfolgte corrigirte Ausschlag. In der Rubrik k steht die aus den Ausschlägen der Columne b in der bisher immer angewandten Weise berechnete Capacität des Condensators. Die in der Rubrik k' angeführten Capacitäten aber sind nach Formel 5) aus den Batterieausschlägen b und β und dem Condensatorausschlage γ berechnet; E ist dabei wieder gleich eins gesetzt. In der ersten Rubrik ist die Substanz angegeben, die sich zwischen den Condensatorplatten befand.

	c	γ	k	k'
Luft	335·0	317·0	0·5307	0·5260
Luft	274·8	262·2	0·3972	0·3942
Luft	198·3	191·8	0·2578	0·2565
Hartgummi	336·1	317·6	0·5330	0·5276
Schwefel	302·7	288·4	0·4548	0·4524
Colophonium	246·0	236·9	0·3409	0·3402

In der Rubrik k steht die bei dauernder Ladung bestimmte Capacität; die in der Rubrik k' jedesmal daneben stehende Capacität hingegen wurde bei momentaner Ladung bestimmt, ohne dass sonst am Condensator irgend etwas verändert wurde. Dieselbe weicht nie um mehr als 1 Percent von der bei dauernder

Ladung bestimmten ab. Auffallend ist dabei allerdings, dass die bei dauernder Ladung bestimmten Capacitäten durchgehends ein wenig grösser sind, als die bei momentaner Ladung gefundenen. Da dies jedoch auch bei den Versuchen, wo nur Luft zwischen den Condensatorplatten war, ganz in derselben Weise eintrat, so kann die Ursache dieser kleinen Abweichung nicht in einer Verschiedenheit der dielektrischen Polarisation bei momentaner und dauernder Ladung liegen. Ich glaube auch nicht, dass die kleinen Differenzen der Zahlen der beiden Columnen k und k' dem störenden Einflusse der ladenden und entladenden Zugvorrichtungen zuzuschreiben sind. Die Capacität des zum Condensator führenden Drahtes betrug 0·007; wenn die Kupferdrähte, welche gehoben und gesenkt wurden, mit 12 Daniell'schen Elementen geladen wurden, so brachten sie bei ihrer Bewegung, bevor sie noch den zum Elektrometer führenden Draht berührten, durch Vertheilung einen kleinen Ausschlag desselben hervor. Derselbe betrug für den einen Draht etwa $^1/_4$, für den andern etwa $^1/_2$ Theilstriche in den extremsten Stellungen des Drahtes. Alle diese Grössen sind ausserordentlich klein und könnten, selbst wenn sie grösser gewesen wären, keine Störung herbeigeführt haben, da sich die Capacität des Zuleitungsdrahtes zu der des Elektrometers einfach addirt, das bewegliche Ende desselben aber in seinen beiden extremsten Lagen fast ganz dieselbe relative Position gegen den Kupferdraht hatte, den es dabei jedesmal berührte, so dass er also in beiden Stellungen fast dieselbe Capacität haben musste. Zur Capacität des Elektrometers addirt sich auch die, welche seinem Zuleitungsdrahte zukommt, wenn der bewegliche auf ihm aufliegt.

Der Grund davon, dass die Capacität bei dauernder Ladung immer etwas grösser als bei momentaner erschien, liegt vielmehr offenbar darin, dass zur Elektrisirung der in der Nähe des Condensators befindlichen Halbleiter, namentlich der Holzbestandtheile, welche die Condensatorplatten trugen, eine gewisse Zeit erforderlich ist. Dieselben elektrisirten sich daher bei momentaner Ladung nicht, oder doch nur wenig; bei dauernder Ladung aber elektrisirten sie sich vollständig mit der ungleichnamigen Elektricität und banden einen Theil der Elek-

tricität des Condensators, wesshalb dessen Capacität im zweiten Falle nothwendig grösser als im ersten erscheinen musste.

§. 11.

Einige theoretische Bemerkungen.

Ich will hieran einige theoretische Bemerkungen knüpfen, welche mit den eben angeführten Beobachtungen im Zusammenhange stehen. Um die Übersicht über die Abhängigkeit der Condensatorcapacität von der Plattendistanz und den dazwischen befindlichen Substanzen zu erleichtern, wollen wir das Problem der Elektricitätsvertheilung auf dem von mir gebrauchten Condensator mit einem andern Problem vergleichen, das in innigem Zusammenhange damit steht. Das letztere hat zum Gegenstande die Vertheilung der Elektricität auf einem Condensator, dessen Form sich zwar experimentell nicht genau herstellen lässt, aber die Rechnung sehr einfach macht. Nehmen wir an, wir hätten vier concentrische Kugelschalen I, II, III und IV mit den Radien a_1, a_2, a_3, a_4 (wobei $a_1 < a_2 < a_3 < a_4$ sei). Die Kugelschale I sei leitend und werde von einer Elektricitätsquelle (Batterie) vom Potentiale p geladen. Die Kugelschale IV sei ebenfalls leitend, aber mit der Erde verbunden. Der Raum zwischen beiden isolire, und zwar sei er mit Luft gefüllt bis auf den Raum zwischen den Kugelschale II und III, der eine Substanz mit der Dielektricitätsconstante D bezüglich Luft enthalten soll, die aber vor Ladung des Condensators durchaus unelektrisch gewesen sein soll. Da das Potential V überall der Gleichung

$$\frac{d^2V}{dx^2} + \frac{d^2V}{dy^2} + \frac{d^2V}{dz^2} = 0$$

genügen muss, und alles um das gemeinsame Centrum O aller Kugeln symmetrisch ist, so muss $V = b + \frac{c}{r}$ sein, wo b und c Constanten, r die Entfernung des Aufpunktes vom Punkte O ist. a und b werden aber zwischen den verschiedenen Kugelschalen

verschiedene Werthe haben können. Sei zwischen den Kugelschalen

$$\text{I und II} \quad V = b_1 + \frac{c_1}{r}$$

$$\text{II und III} \quad V = b_2 + \frac{c_2}{r}$$

$$\text{III und IV} \quad V = b_3 + \frac{c_3}{r}.$$

Weil die Kugelschale I mit dem Potentiale p geladen ist, so muss auf ihr $V = p$ sein; man hat daher

$$p = b_1 + \frac{c_1}{a_1}.$$

Weil die Kugelschale IV leitend mit der Erde verbunden ist, so ist auf derselben $V = 0$, es ist also

$$0 = b_3 + \frac{c_3}{a_4};$$

und da endlich an den Kugelschalen II und III der Werth des Potentials selbst keinen Sprung machen darf, so ist

$$b_1 + \frac{c_1}{a_2} = b_2 + \frac{c_2}{a_2}$$

$$b_2 + \frac{c_2}{a_3} = b_3 + \frac{c_3}{a_3}.$$

Ferner ist der Differentialquotient von V nach der zu irgend einer Kugelfläche errichteten Normale

$$\frac{dV}{dN} = -\frac{c}{r^2}.$$

Dieser Differentialquotient springt beim Übergange von einem isolirenden Medium zu einem andern zu einem Werthe über, der zu seinem ursprünglichen Werthe im umgekehrten Verhältnisse der Dielektricitätsconstanten der beiden Medien steht.

Daher ist, weil die Dielektricitätsconstante zwischen den beiden Kugelschalen II und III Dmal so gross ist, als im übrigen Raume,

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{c_3}{c_2} = D.$$

Aus allen diesen Gleichungen folgt zunächst

$$p = c_1\left(\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_2 D} + \frac{1}{a_3} - \frac{1}{a_3 D} - \frac{1}{a_4}\right).$$

Ist die elektrische Dichte auf der Kugelfläche I gleich h, so hat man

$$h = -\frac{1}{4\pi}\frac{dV}{dN} = \frac{1}{4\pi}\frac{c_1}{a_1^2}.$$

Die gesammte auf der Kugelfläche I befindliche Elektricitätsmenge ist also

$$e = 4\pi a_1^2 h = c_1.$$

Den Quotienten von p in diese Elektricitätsmenge wollen wir mit $\varkappa$ bezeichnen und die Capacität der ganzen Vorrichtung nennen. So ist also

$$\frac{1}{\varkappa} = \frac{p}{c_1} = \frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_2 D} + \frac{1}{a_3} - \frac{1}{a_3 D} - \frac{1}{a_4}. \qquad 11)$$

Bezeichnen wir mit e_1 die Elektricitätsmenge, die sich hiebei auf einem Stücke der Kugelfläche I befindet, dessen Flächeninhalt Q ist, und setzen

$$\frac{e_1}{p} = \varkappa_1,$$

so ist

$$\varkappa_1 = \frac{Q\varkappa}{4\pi a_1^2},$$

und daher

$$\frac{1}{\varkappa_1} = \frac{4\pi a_1^2}{Q}\left[\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_2 D} + \frac{1}{a_3} - \frac{1}{a_3 D} - \frac{1}{a_4}\right].$$

Abgesehen von der störenden Wirkung des Randes wird $\varkappa_1$ in die Capacität eines ebenen Condensators mit einer dielektrischen Zwischenschicht von der Dicke n übergehen, dessen Platten den Flächeninhalt Q und die Distanz m haben, wenn wir a_1 sehr gross annehmen, und

$$a_2 = a_1 + p\,,\quad a_3 = a_1 + p + n\,,\quad a_4 = a_1 + m$$

setzen. p, m, n sind klein. Dadurch geht die letzte Formel über in

$$\frac{1}{\varkappa_1} = \frac{4\pi}{Q}\left(m - n + \frac{n}{D}\right),$$

was mit der Formel 7) des §. 6 übereinstimmt.

Setzt man in Formel 11)

$$a_4 = \infty\,,\quad a_3 = a_2 + q\,,$$

wobei q klein gegen a_2 angenommen wird, so ergibt sich

$$\frac{1}{\varkappa_1} = \frac{4\pi a_1^2}{Q}\left(\frac{1}{a_1} - \frac{q}{a_2^2} + \frac{q}{a_2^2 D}\right).$$

Wenn also eine einzeln stehende Kugel von einer isolirenden concentrischen Kugelschicht umgeben wird, deren Dicke q gegen ihren Radius a_2 verschwindet, so verändert diese Schicht die Capacität der Kugel nur um Glieder, die bezüglich ihrer ursprünglichen Capacität von der Ordnung $\frac{q}{a_2}$ sind. Construiren wir wieder auf der Kugel vom Radius a_1 ein Flächenstück vom Flächeninhalte Q, so wird natürlich auch die auf jenem Flächenstücke befindliche Elektricitätsmenge durch die dielektrische Schicht nur unmerklich verändert. Daraus erklärt sich, dass die Capacität der einzeln stehenden Scheibe durch eine angelehnte dünne dielektrische Schicht ebenfalls nur wenig verändert wurde.

Wir haben somit die Formel 7) aus den allgemeinen Grundgleichungen, wie sie von Maxwell und Helmholtz aufgestellt wurde, bewiesen. Es wird aber vielleicht die Anschauung

fördern, wenn wir dieselbe Formel auch direct aus jener Vorstellung von dem Wesen der Dielektricität ableiten, aus welcher jene Grundgleichungen gewonnen wurden. Diese Vorstellung besteht darin, dass in einem dielektrischen Körper die beiden Elektricitäten nicht vollständig von einander getrennt werden, sondern dass nur in jedem Volumelemente desselben die positive etwas mehr nach der einen, die negative etwas nach der anderen Seite verschoben wird, gerade so wie man sich vorstellt, dass in weichem Eisen die magnetischen Fluida getrennt werden.

Die Vorstellung, dass die Moleküle des Dielektricums schon ursprünglich elektrisch sind, und durch die äusseren Kräfte blos gedreht werden, lässt sich bekanntlich hierauf zurückführen (vergl. die Eingangs citirte Abhandlung Clausius', wo derselbe die den nachfolgenden Rechnungen zu Grunde gelegte Hypothese ausführlich bespricht). Durch diese Elektrisirung oder Drehung der Moleküle erhält jedes Volumelement ein „elektrisches Moment", gerade so, wie die Volumelemente des weichen Eisens ein magnetisches Moment erhalten. (Bezeichnen wir mit e eine elektrische Masse des Volumelementes, so soll

$$\sqrt{(\Sigma xe)^2+(\Sigma ye)^2+(\Sigma ze)^2}$$

das gesammte elektrische Moment desselben sein.) Wir wollen die Volumelemente so construiren, dass sie lauter kleine Cylinder sind, deren Mantelflächen den Richtungen parallel sind, nach denen die gesammten von der ausser und im Dielektricum vorhandenen Elektricität stammenden Kräfte wirken, deren Grundflächen aber auf jenen Richtungen senkrecht stehen. Dann werden in allen jenen Cylindern die beiden Elektricitäten nach den beiden Endflächen zu getrieben, und es lässt sich beweisen, dass die Wirkung jedes Volumelementes nach aussen nur um unendlich kleine Glieder höherer Ordnung (die auch bei der Integration über alle Volumelemente verschwinden) verändert wird, wenn man sich die erregten Elektricitäten an beiden Endflächen der Cylinder gleichförmig angesammelt denkt. Nur muss das elektrische Moment jedes Elementes unverändert bleiben. Die zwei entgegengesetzten Elektricitäten treten natürlich an

den beiden Endflächen jedes Elementes in gleicher Menge auf. Das elektrische Moment desselben ist das Product aus der an einer Endfläche angesammelten Elektricität in die Länge des betreffenden cylindrischen Elementes. Bezeichnen wir das elektrische Moment mit α, so wollen wir voraussetzen, dass die Grösse α der Intensität P der auf das Element wirkenden elektrischen Trennungskraft, sowie dem Volumen v desselben proportional ist. Wir wollen also setzen

$$\alpha = \varepsilon P v,$$

wobei ε eine Constante sein soll. P soll die Gesammtkraft sein, welche auf die Elektricitätsmenge 1 wirken würde, wenn sich dieselbe im Volumelemente v befände. Nach diesen Vorbereitungen kehren wir zu den vier concentrischen Kugeln I, II, III und IV zurück. Den mit der dielektrischen Substanz erfüllten Raum zwischen den Kugeln II und III denken wir uns in unendlich viele concentrische, unendlich dünne Kugelschalen zerlegt.

Wir werden sehen, dass sich an der Innenfläche jeder dieser Kugelschalen dieselbe Elektricitätsmenge $-q$ und an der Aussenfläche dieselbe aber entgegengesetzt bezeichnete Elektricitätsmenge $+q$ ansammelt. In Folge dessen neutralisirt sich die an der Aussenfläche irgend einer der Kugelschalen angesammelte Elektricitätsmenge $+q$ mit der an der Innenfläche der nächstfolgenden angesammelten $-q$, und es bleibt nur die an der Fläche II angesammelte Elektricitätsmenge $-q$, sowie die an der Fläche III angesammelte $+q$ übrig. Diese beiden Elektricitäten $-q$ und $+q$ ersetzen also die gesammte Wirkung der dielektrischen Schicht vollkommen. Auf der Kugelfläche I soll sich durch ihre Ladung mit dem Potentiale p die Elektricitätsmenge e ansammeln, auf der Fläche IV durch Influenz die Elektricitätsmenge $-e'$. Da die Punkte der Kugelfläche IV bezüglich aller Kugelflächen als äussere betrachtet werden können, und da das Potential einer Kugel auf einen äusseren Punkt $\frac{e}{r}$ ist (wenn sich die Elektricitätsmenge e darauf befindet, und r die Entfernung ihres Centrums vom Aufpunkte ist), so ist das gesammte Potential der vier Elektricitätsmengen e, $-q$, $+q$,

$-e'$ auf einen Punkt der Kugelfläche IV gleich $\frac{e}{a_4} - \frac{e'}{a_4}$; dasselbe muss den Werth Null haben, weil die Kugelfläche IV mit der Erde verbunden ist. Daher muss $e' = e$ sein. Ein Punkt der Kugelfläche I gilt bezüglich aller Kugelflächen als innerer. Das Potential der vier Elektricitätsmengen e, $-q$, $+q$, $-e$ auf einen solchen ist also

$$\frac{e}{a_1} - \frac{q}{a_2} + \frac{q}{a_3} - \frac{e}{a_4}.$$

Da dasselbe gleich p sein muss, so hat man

$$p = \frac{e}{a_1} - \frac{q}{a_2} + \frac{q}{a_3} - \frac{e}{a_4}. \qquad 13)$$

Wir müssen noch q bestimmen, und uns überzeugen, dass unsere Annahme über die Art der Elektrisirung des Dielektricums richtig war.

Zu diesem Zwecke construiren wir in demselben eine unendlich dünne Kugelschale, deren innerer Radius r, deren äusserer $r+dr$ sei, und auf der Innenfläche derselben ein unendlich kleines Flächenelement vom Flächeninhalte $d\omega$. Sämmtliche durch dessen Peripherie gehende Kugelradien schneiden aus der unendlich dünnen Kugelschale einen unendlich kleinen Cylinder vom Volumen $v = d\omega . dr$ heraus. Da sich durch die Influenz unserer Annahme gemäss an der Innenfläche der unendlich dünnen Kugelschale die Elektricitätsmenge $-q$, an der Aussenfläche die Elektricitätsmenge $+q$ angesammelt hat, so befindet sich an der inneren Endfläche des Cylinders vom Volumen v die Elektricitätsmenge $-\frac{q d\omega}{4\pi r^2}$, an seiner äusseren Endfläche aber die Elektricitätsmenge $+\frac{q d\omega}{4\pi r^2}$. Sein elektrisches Moment ist also $\alpha = \frac{q d\omega dr}{4\pi r^2}$. Berechnen wir anderseits die Gesammtkraft P, welche alle vorhandene Elektricität (die vier Elektricitätsmengen e, $-q$, $+q$, e') auf eine in dem unendlich kleinen Cylinder vom Volumen v vorhandene elektrische Masse $+1$ ausüben würden, so finden wir dafür den Werth $P = \frac{e-q}{r^2}$.

Es ist also nach Gleichung 12):

$$\frac{q dr d\omega}{4\pi r^2} = \varepsilon \frac{e-q}{r^2} v = \varepsilon \frac{e-q}{r^2} dr d\omega,$$

woraus sich ergibt

$$q = \frac{4\pi\varepsilon}{1+4\pi\varepsilon} e = \left(1-\frac{1}{D}\right)e,$$

wenn wir wie früher $D = 1+4\pi\varepsilon$ setzen. Ertheilt man dem q diesen Werth, so sind alle Bedingungen der Aufgabe erfüllt. Die von uns vorausgesetzte Art der Elektrisirung der Volumelemente des Dielektricums war also die richtige. Substituirt man diesen Werth für q in die Formel 13), und berücksichtigt, dass die Capacität $\varkappa$ wieder gleich $\frac{e}{p}$ ist, so gelangt man wieder zur Formel 7). Man kann sich auch leicht überzeugen, dass $\frac{dV}{dN}$ beim Übergang ins Dielektricum in der That plötzlich zu einem $D = 1+4\pi\varepsilon$mal so kleinen Werthe überspringt.

Ich will noch auf Folgendes aufmerksam machen.

Statt der gänzlich unbekannten Art der Elektrisirung eines Volumelementes der dielektrischen Substanz haben wir eine solche substituirt, bei der die beiden Elektricitäten an den Endflächen desselben gleichförmig angehäuft sind. Diese Substitution ist nur erlaubt, wenn es sich um die Wirkung auf einen endlich entfernten Punkt handelt. Die Kraft, welche auf eine im Innern des Dielektricums befindliche elektrische Masse wirkt, wird daher im Allgemeinen auch von der Art der Elektrisirung jener Volumelemente abhängen, welche sich in der unmittelbaren Umgebung jener elektrischen Masse befinden. In der Gleichung 12) bedeutet P die elektrische Kraft, welche auf eine elektrische Masse 1 wirkt, die sich an irgend einem Punkte A im Innern des Volumelementes v befindet. Diese Kraft ist daher für verschiedene Elektrisirungsarten der Moleküle im Allgemeinen abhängig von der Lage des Punktes A im Volumelemente v. Um uns hievon unabhängig zu machen, wollen wir das Volumelement v zwar sehr klein, aber doch gross gegen die einzelnen elektrisirten Moleküle voraussetzen, und jetzt

die durch die Gleichung 12) dargestellte Hypothese so aussprechen:

Das dielektrische Moment α des Volumelementes v ist proportional: 1. dem Volumen desselben, und 2. der Kraft P, welche im Mittel auf sehr viele elektrische Massen 1 wirken würde, welche gleichförmig im ganzen Volumelemente vertheilt wären. (P kann auch definirt werden als die Kraft, welche auf die Elektricitätseinheit wirken würde, wenn dieselbe gleichförmig im Volumelemente vertheilt wäre.) Von der so definirten Kraft P lässt sich beweisen, dass sie nicht mehr von der Art der Elektrisirung der Moleküle, sondern blos vom elektrischen Momente der Volumelemente abhängt. Dieser Beweis kann geführt werden, indem man den Zuwachs sucht, den das Potential aller im Dielektricum vorhandenen elektrischen Massen auf eine elektrische Masse 1 erfährt, wenn dieselbe einen unendlich kleinen, aber gegen die Distanz zweier Moleküle grossen Weg zurücklegt. Gemäss der letzten Voraussetzung kann dieser Weg immer so gewählt werden, dass die elektrische Masse am Ende desselben gegen die umgebenden Moleküle ganz dieselbe relative Lage hat, die sie zu Anfang gegen die Moleküle hatte, die sie damals umgaben. Dann ist nur die Position gegen die entfernten Moleküle eine andere geworden, deren Potential blos von ihrem elektrischen Momente abhängt. Der Zuwachs des Potentials ist also unabhängig von der Art der Elektrisirung, und daher auch die Kraft, welche im Mittel auf alle elektrischen Massen 1 wirkt. Es ist klar, dass diese Auseinandersetzungen nicht blos auf unser specielles Problem, sondern auch auf das ganz allgemeine der Magnetisirung weichen Eisens oder Elektrisirung dielektrischer Substanzen anwendbar ist. Sie können also auch zur Deduction der Principien dieser Theorien verwendet werden. Natürlich gilt dasselbe, was von den Endflächen unserer cylindrischen Elemente gesagt wurde, auch von den sechs Seitenflächen rechtwinkliger Parallelepipede, wo dann an die Stelle des dielektrischen Moments die Momente bezüglich der Coordinatenaxen treten.

Ich will hier noch zeigen, welche Formel man für die Capacität des von mir verwendeten Kohlrausch'schen Condensators erhält, wenn man auf die Veränderlichkeit der Dicke der

isolirenden Zwischenschicht Rücksicht nimmt. Zerlegen wir die ganze Fläche Q der Condensatorplatte, welche mit dem Potentiale p geladen wird, während die andere leitend mit der Erde verbunden ist, in unendlich viele Flächenelemente $d\omega$. Die Dicke der dielektrischen Schicht sei an der Stelle, die an dem Elemente $d\omega$ anliegt, gleich n, die Distanz der Condensatorplatten an derselben Stelle sei m. Dann ist die Dichte der Elektricität, die sich auf dem Elemente $d\omega$ ansammelt, nach den schon im §. 6 entwickelten Principien

$$h = \frac{p}{4\pi\left(m - n + \frac{n}{D}\right)}.$$

Die ganze auf dem Elemente $d\omega$ aufgehäufte Elektricitätsmenge ist also $\frac{p d\omega}{4\pi\left(m - n + \frac{n}{D}\right)}$. Integriren wir diesen Ausdruck über die ganze Oberfläche Q der Condensatorplatte, und dividiren durch p, so erhalten wir für die Capacität des Condensators den Werth

$$\varkappa = \frac{1}{4\pi}\int \frac{d\omega}{m - n + \frac{n}{D}}.$$

Hier können wir m als constant betrachten, da die Distanz der Condensatorplatten in der That mit grosser Genauigkeit an allen Stellen constant erhalten werden kann; n aber ist Function von ω. Die Integration kann ohne Kenntniss der Grösse D welche gesucht wird, nicht ausgeführt werden. Es bleibt daher nichts anders übrig, als für D einen angenäherten Werth D_0 einzuführen, und dann $\frac{1}{D} = \frac{1}{D_0} + \delta$ zu setzen und das Integrale nach Potenzen von δ zu entwickeln. Ist die Dicke wie bei meinen Versuchen nur an einer begrenzten Zahl von nahe gleichförmig auf der Platte vertheilten Stellen gemessen, so verwandelt sich das Integrale 14) in eine Summe, und man erhält, wenn man die Anzahl der Stellen, für welche die Dicke bestimmt wurde, mit a bezeichnet und blos die Glieder beibehält, welche bezüglich δ von der ersten Ordnung sind:

$$\varkappa = \frac{Q}{4\pi a}\sum\frac{1}{m-n+\frac{n}{D_0}} - \frac{Q\delta}{4\pi a}\sum\frac{n}{\left(m-n+\frac{n}{D_0}\right)^2}.$$

Sei $\varkappa_1$ die Capacität des Condensators, wenn sich seine Platten in der Distanz m_1 befinden und nur Luft zwischen denselben vorhanden ist, so ist $\varkappa_1 = \frac{Q}{4\pi m_1}$, daher

$$\frac{a\varkappa}{m_1\varkappa_1} = \sum\frac{1}{m-n+\frac{1}{D_0}} - \delta\sum\frac{n}{m-n+\frac{n}{D_0}}. \qquad 15)$$

Aus dieser Formel könnte δ ohne Schwierigkeit berechnet und so ein verbesserter Werth von D gefunden werden, den man dann, wenn man eine noch grössere Genauigkeit wünschte, wieder wie den Werth D_0 behandeln könnte. Ich habe jedoch bei Berechnung der Dielektricitätsconstante niemals von dieser complicirten Formel Gebrauch gemacht, sondern immer die Formel 7) verwendet, in der ich für n die mittlere Dicke einsetzte, da die Correction, welche der Werth von D durch Anwendung der Formel 15) erfahren würde, jedenfalls innerhalb der Grenzen der anderweitigen Beobachtungsfehler liegt. Wenn sich nämlich selbst die grösste und kleinste Dicke der isolirenden Schicht wie 10 : 9 verhielten, und wenn alle möglichen dazwischen liegenden Dicken gleich wahrscheinlich wären (an gleich viel Stellen der Platte vorkämen), so würde sich aus der Formel 7), welche ich zur Berechnung verwendete, die Dielektricitätsconstante gleich 3·037 ergeben, wenn dieselbe in Wahrheit gleich 3 wäre, eine Differenz, die kaum die Grenzen der Beobachtungsfehler überschreitet.

§. 12.

Übersichtliche Zusammenstellung der Resultate.

Ich stelle zum Schlusse sämmtliche von mir für die Dielektricitätsconstante der verschiedenen Substanzen gefundenen Werthe übersichtlich zusammen, wobei ich zugleich, so weit sie mir bekannt sind, die Werthe beifüge, welche vor mir von an-

deren Beobachtern gefunden wurden. Aus den verschiedenen von mir angestellten Beobachtungen ergaben sich für die Dielektricitätsconstante D die in den folgenden Tabellen zusammengestellten Zahlen:

Für Hartgummi.

a) Mit dem Kohlrausch'schen Condensator.

Platte I			Platte II		Platte III	
3·14	3·19	3·20	3·09	3·19	3·19	3·21
3·17	3·17	3·16	3·12	3·13	3·34	3·35
3·12	3·14	3·15	3·16	3·13		
Mittel 3·17			Mittel 3·11		Mittel d. ob. 3·20	

b) Mit dem Quecksilbercondensator.

Platte I	Platte II	Platte III
3·04	3·03	3·26
3·09	3·13	3·21
	3·14	3·24

Als wahrscheinlichsten Werth der Dielektricitätsconstante des Hartgummi glaube ich 3·15 bezeichnen zu sollen.

Für Paraffin.

a) Mit dem Kohlrausch'schen Condensator.

Platte I			Platte II		Platte III
2·28	2·29	2·28	2·34	2·33	2·31
2·25	2·25	2·27	2·35	2·36	
Mittel 2·28			Mittel 2·34		

b) Mit dem Quecksilbercondensator.

Platte I		Platte II
2·30	2·31	2·35

Da die Platten II und III reineres Paraffin enthielten, scheint mir der wahrscheinlichste Werth für reines Paraffin 2·32 zu sein. Gibson und Barclay fanden für Paraffin $D = 1{\cdot}976$. Siemens gibt für Stearin $D = 0{\cdot}78$ an, was aber wohl ein Druckfehler sein dürfte. Faraday fand für Wallrath die Dielektricitätsconstante zwischen 1·6 und 2·2.

Für Schwefel.

Platte I		Platte II	
3·87	3·83	3·84	3·82

Wahrscheinlichster Werth 3·84. Siemens fand 2·9. Faraday fand für die Dielektricitätsconstante des Schwefels Zahlen, die zwischen 2·16 und 2·32 liegen.

Für Colophonium.

Platte I		Platte II		
2·58	2·56	2·52	2·54	2·54

Wahrscheinlichster Werth 2·55. Faraday erhielt für Schellak Werthe, die zwischen 1·9 und 2·1 liegen. Ausserdem fand Faraday für die Dielektricitätsconstante des Glases Werthe, welche zwischen 1·44 und 1·92 liegen.

Die Abweichungen der von den anderen Beobachtern erhaltenen Zahlen von den meinigen sind so gross, dass sie sich jedenfalls nicht aus etwaigen zufälligen Verschiedenheiten des der Beobachtung unterzogenen Materials erklären lassen. Auch eine Erklärung aus einer Verschiedenheit der Beobachtungstemperatur ist unmöglich, da schon Gibson nachwies, dass sich die Dielektricitätsconstante des Paraffins nicht merklich mit seiner Temperatur verändert. Auch ich konnte innerhalb des allerdings kleinen Temperaturintervalls, innerhalb dessen meine Beobachtungen vorgenommen wurden (etwa 16 bis 23° Cels.), keinen Unterschied der Dielektricitätsconstante bei verschiedenen Temperaturen wahrnehmen. Ich glaube daher, diese Nichtübereinstimmung, abgesehen davon, dass einige meiner Vorgänger keine so feinen Messapparate der Elektricitätsmenge hatten, wohl hauptsächlich daher rühren dürfte, dass dieselben den Raum zwischen den Condensatorplatten als ganz von der isolirenden Substanz erfüllt voraussetzten, was nie vollkommen realisirt werden kann. Zudem werden die Condensatorplatten, wenn man den Raum zwischen denselben allzu dicht auszufüllen sucht, leicht etwas auseinandergedrängt. Beide Umstände, sowie die Nichtberücksichtigung des Einflusses des Randes bewirken, dass der berechnete Werth der Dielektricitätsconstante zu klein aus-

fällt. In der That sind auch die von mir gefundenen Werthe durchaus die grössten.

Um schliesslich den Vergleich zwischen meinen Beobachtungen und der Theorie Maxwell's zu erleichtern, nach welcher der Brechungsexponent i einer Substanz die Quadratwurzel aus ihrer Dielektricitätsconstante sein soll, stelle ich in der folgenden Tabelle die Brechungsexponenten mit den Quadratwurzeln aus jenen Werthen von D zusammen, welche ich als die wahrscheinlichsten bezeichnet habe:

	$\sqrt{D}$	i
Für Schwefel . .	1·960	2·040
„ Colophonium	1·597	1·543
„ Paraffin . .	1·523	1·536, 1·516
„ Hartgummi .	1·775	

STANFORD LIBRARY

Die Reflexion und Brechung des Schalles.

Von Prof. **E. Mach** und Studios. **A. Fischer.**

(Mit 6 Holzschnitten.)

Die Ansicht, dass der Schall sich ganz wie das Licht verhalte, dass er durch Prismen abgelenkt, durch Spiegel und Linsen gesammelt werden könne, ist nicht nur sehr verbreitet, sondern es werden sogar Versuche, wie die von Sondhaus und Hajech für dieses Verhalten angeführt. Schon der Umstand, dass die Fortpflanzungsrichtung beim Schall nicht jene Rolle spielt, wie beim Licht, lässt diese einfache Übertragung gewagt erscheinen. Man wird aber dieselbe sehr bedenklich finden, wenn man beachtet, dass selbst bei angenommener Gleichheit der fundamentalen Gesetze für das Licht und für den Schall die Umstände, unter welchen wir Licht und Schall beobachten, sehr verschieden sind. Dieses Bedenken wird noch unterstützt durch die Unsicherheit der Beobachtungsweisen bei den erwähnten Autoren, welche zudem von Sondhaus offen und ehrlich eingestanden wird.

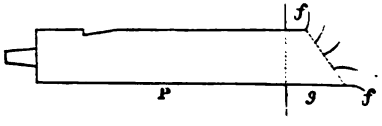
Betrachtet man die Dimensionen der Prismen und Linsen, mit welchen Sondhaus, Hajech, und in neuester Zeit auch König experimentirten, so sieht man bei einiger Vertrautheit mit der Wellentheorie sofort, dass diese Apparate durchaus ungeeignet sind, um die erwartete Brechung zu zeigen. Die regelmässige Brechung des Lichtes erklärt sich nach dem Huyghens'schen Princip durch das Zusammenwirken einer Unzahl von Elementarwellen, welche von der brechenden Fläche ausgehend, sich im Allgemeinen zerstören und nur an gewissen Orten und in einer gewissen Richtung mit gleichen sich verstärkenden Phasen zusammentreffen. Diese regelmässige Brechung kann aber, wie Fresnel bemerkt hat, nur an Flächen stattfinden, deren Dimensionen gegen die Wellenlänge des Lichtes sehr

gross sind. So wie diese Bedingung nicht erfüllt ist, verwandelt sich die regelmässige Brechung sofort in Zerstreuung durch Beugung.

Ist eine brechende Fläche klein gegen die Wellenlänge, so können die Punkte derselben nur sehr wenig verschiedene Phasen haben, deren Reihenfolge dann auch nur einen kleinen Bruchtheil der Welle vorstellt. Die von diesen Punkten abgeleiteten Elementarwellen werden selbst nach jenen Richtungen hin, welche den Flächenelementen parallel sind, nach welchen sie also mit den grössten Gangunterschieden zusammentreffen, wegen des geringen Phasenunterschiedes nicht mehr im Stande sein, sich zu zerstören, und dies wird in noch höherem Masse von den übrigen Richtungen gelten. Die Fortpflanzung wird also nach allen Richtungen desto gleichmässiger sein, je kleiner die brechende oder reflectirende Fläche.

Dieses Verhältniss besteht nun bei den erwähnten Schallbrechungsapparaten durchaus, wenn man nicht mit den höchsten überhaupt noch hörbaren Tönen experimentirt. In letzterem Falle allein kann man noch etwas günstigere Resultate erwarten. Störend können bei diesen Apparaten noch die Membranen wirken, durch welche die Gase abgeschlossen sind. Zwar hat die Spannung des Gases keinen Einfluss auf die Schallgeschwindigkeit, allein die gewöhnliche Ableitung der Erscheinungen nach dem Huyghens'schen Princip wird illusorisch, wenn die Membran gespannt genug ist, um die treffende Erregung auch nach ihrer eigenen Richtung mit einer der Schallgeschwindigkeit vergleichbaren Geschwindigkeit fortzupflanzen. Die Membran muss also schlaff sein und darf überhaupt keine Neigung haben, in stehende Schwingungen zu gerathen. In letzterem Falle fällt die zur Membran parallele Bewegungscomponente bei der Übertragung auf das neue Medium fast ganz aus und die Erscheinungen ändern sich wesentlich.

Fig. 1.



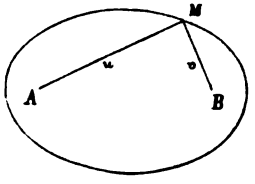
Stellt man das König'sche Gasprisma *G* vor die Mündung einer 4füssigen Orgelpfeife *P*, wie dies in Fig. 1 angezeigt ist; so sieht man die Schwingungsebenen *ff* der transversal

schwingenden Flammen[1] nach allen Richtungen divergiren, wobei die mittlere Flammenebene zur Membran normal steht. Dies Verhältniss besteht, ob man das Prisma mit Leuchtgas, Kohlensäure oder Luft füllt. Die allseitige Divergenz zeigt sich auch mit geringen Modificationen am senkrecht oder schief abgeschnittenen Ende der Pfeife. Von Brechung oder Ablenkung ist unter diesen Umständen keine Spur.

Um mit möglichst kurzen Wellen zu experimentiren, verwendeten wir den elektrischen Funken. Das hohe knisternde Geräusch kleiner Funken lässt auf eine kleine Wellenlänge schliessen und die enorm kleine Entladungsdauer einer Flasche beweist, dass die vom Funken ausgehende Erschütterung sich nur auf eine sehr kleine Strecke während der Entladung fortgepflanzt haben kann. Wir untersuchten zunächst die Reflexion. Der Bequemlichkeit des Experimentes wegen wurde die Ausbreitung des Schalles auf zwei Dimensionen beschränkt.

Man bringt zwei congruente elliptische Bretter übereinander an und verbindet die Ränder durch einen Blechreif, so dass zwischen denselben ein Luftcylinder mit elliptischer Basis von sehr geringer Höhe eingeschlossen ist. Lässt man nun in dem einen Brennpunkte *A* den Funken der Holz'schen Maschine oder eines grossen Ruhmkorff'schen Apparates, in welchen eine Flasche eingeschaltet ist, überschlagen, so erhält man im anderen Brennpunkte auf einer bestäubten Platte aus schwarzem Glase eine schöne aus concentrischen Ringen bestehende Staubfigur[2]. Die Schallbewegung schreitet von *A* bis zu jedem Punkte *M* der Wand fort, und gibt dort Anlass zum Entstehen einer Elementarwelle. Alle Elementarwellen treffen vermöge der Gleichung der Ellipse $u+v=const$ mit gleichen Phasen im andern Brennpunkte *B* zusammen. Es ist nun bemerkenswerth, dass die Figur zwar desto zarter, aber auch desto schärfer wird, je kleiner und kni-

Fig. 2.



[1] Vergl. Mach, Optisch-akustische Versuche. Prag, 1872, S. 49.

[2] Vergl. Abria, Pogg. Ann. Bd. 53. — Kundt, Pogg. Ann.

sternder die angewandten Funken werden. Grosse Funken geben starke diffuse Figuren, deren Centrum sich nicht gut bestimmen lässt. Knallgasblasen in *A* abgebrannt, geben desto gröbere und desto mehr verschwommene Figuren, je grösser sie sind und je tiefer der entsprechende Knall.

Bringt man in eines der elliptischen Bretter bei *A* ein Loch an, durch welches man den Ton einer Pfeife einleitet, während man durch ein Loch der Blechwand ein mit dem Ohre verbundenes Rohr durchsteckt, mit dem man auscultirt, so hört man bei sehr hohen Tönen ein sehr deutliches und starkes Anschwellen des Tones, wenn man mit dem Auscultationsrohr durch den Brennpunkt *b* durchfährt.

Offene Pfeifen von 5—10 Ctm. Länge oder ein König'scher Stab bei *A* angeschlagen, zeigen dies in ausgezeichneter Weise, während die Erscheinung desto undeutlicher wird, je tiefere Töne man anwendet. Eine 4füssige Orgelpfeife zeigt gar keinen Intensitätsunterschied mehr an den verschiedenen Stellen der Ellipse.

Stärkere Funken und Knallgasblasen in dem einen Brennpunkt abgebrannt, so wie der Knall eines daselbst abgefeuerten Zündhütchens vermögen die Flamme eines Gasbrenners im andern Brennpunkt der Ellipse zum Zucken und zum Verlöschen zu bringen. Mit der Stärke der Erregung verschwindet aber wegen der grösseren Dauer derselben auch die Schärfe der Erscheinung.

Die Versuche würden unter den gegebenen Umständen natürlich auch im Raume gelingen, wenn man ein vollständiges Ellipsoid als reflectirende Fläche verwenden würde. Es sei gleich hier bemerkt, dass sie merklich weniger gut mit zwei sphärischen Hohlspiegeln von etwa 1 M. Radius, 1 M. Öffnung gelingen, welche in einer Distanz von 6 M. einander gegenüber aufgestellt werden. Doch zuckt die Flamme in dem Brennpunkte des eines Spiegels, wenn in dem Brennpunkte des andern Knallgas abgebrannt wird. Man kann durch Knallgas eine Staubfigur auch hier erzeugen, welche jedoch ziemlich diffus ist und kein deutliches Centrum hat.

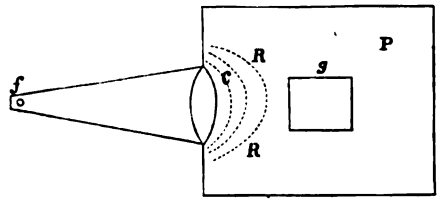
Man findet bei hohen Pfeifen, die vor dem einen Spiegel angeblasen werden, durch Auscultiren mit dem Rohr eine Ver-

stärkungsstelle vor dem andern. Man findet eine solche Verstärkungsstelle nicht mehr bei tiefen, z. B. 4füssigen Pfeifen. Bei diesen hört man jedoch das hohe Sausen des Anblasegeräusches und die höchsten Obertöne sehr beträchtlich im Brennpunkte verstärkt. Ein König'scher Stab zeigt eine sehr bedeutende und mächtige Verstärkung. Warum die Verstärkung am Ellipsenapparate und hier nur bei hohen Tönen auffallend ist, ist klar. Bei grossen Wellenlängen und tiefen Tönen sind die zusammentreffenden Phasen auch eine beträchtliche Strecke vom Brennpunkt weit noch sehr wenig verschieden.

So gut und so klar die Experimente über die Reflexion ausfielen, so viel Schwierigkeiten boten die auf die Brechung bezüglichen Versuche. Wir wollen jedoch auch die Experimente mit negativen Resultaten kurz erwähnen, damit man sehe, wie sorgfältig man experimentiren kann, ohne Brechung des Schalles mit Sicherheit zu beobachten.

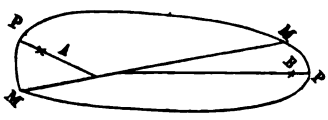
Zunächst wurden die Sondhaus'schen Versuche ohne einen nennenswerthen Erfolg wiederholt. Dann versuchten wir die Schallausbreitung auf zwei Dimensionen zu beschränken. Vier 3 Ctm. hohe Klötzchen wurden an die Ecken einer grossen Tischplatte gelegt und eine zweite gleich grosse Platte daraufgestürzt. Ganz am Rande zwischen diesen Platten *P* Fig. 3 befand sich eine stetig von Kohlensäure durchströmte Cylinderlinse von 3 Ctm. Höhe, welche aus zwei mit Leim überzogenen Brettchen und einer durch Glycerin erweichten Goldschlägerhaut gebildet war. Zu dieser Linse leitete ein pyramidaler Holztrichter, in dessen Scheitel *f* der Funke übersprang, den Schall, aus dessen kugelförmiger Welle er so zu sagen einen Sector ausschnitt und dessen seitliches Entweichen er verhinderte. Man konnte nach dem Brechungsexponenten der Kohlensäure bei *G* eine Staubfigur erwarten. Die Funken lieferten nun zu wenig Arbeit, um Staubrippen zu zeigen. Knallgasblasen zeigten Rippen *RR*, aus deren Lage man aber auf eine allseitige Divergenz von der Linse aus

Fig. 3.



schliessen musste. Auscultationsversuche gaben kein sicheres Resultat.

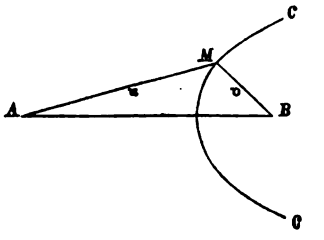
Fig. 4.



Man denke sich ein Parabelstück P', dessen Axe in Fig. 4 bezeichnet ist, in MM schief abgeschnitten und daran ein zweites Parabelstück P so angesetzt, dass die Neigung beider Axen dem Brechungsverhältnisse des Schalles aus Luft in Kohlensäure für die brechende Fläche MM entspricht. Zwei Bretter dieser Form werden übereinander angebracht; die Ränder durch einen wohlverkitteten Blechreif verbunden und bei MM eine schlaffe erweichte Membran durchgezogen. Das Stück P' ist mit Luft gefüllt, P wird von Kohlensäure durchstrichen. Schlägt im Brennpunkte B ein Funke über, so soll er nach der Reflexion ein axenparalleles Schallstrahlenbündel geben, welches gebrochen wieder axenparallel in P eintritt und im Brennpunkte A gesammelt wird. Man erhält beim Überschlagen von Funken keine Staubfigur. Die Funken haben offenbar zu wenig Arbeit, um zwei Reflexionen und eine Brechung ohne Schaden zu ertragen. Knallgasblasen geben Staubfiguren, aber sehr diffuse und unbrauchbare.

In der Absicht, zwischen dem Ausgangs- und Sammelpunkt des Schalles blos eine Brechung zu setzen und zugleich eine etwas genauere Construction auszuführen, wurde ein anderer Versuch unternommen. Huyghens lehrt (im tractatus de lumine), dass die von einem Punkte A des einen Mediums ausgehenden Strahlen in einem Punkte B des andern Mediums wirksam gesammelt werden, wenn die beiden Medien durch eine solche Curve CC getrennt sind, dass die von den Punkten A, B nach irgend einem Punkte M derselben gezogenen Leitstrahlen u, v die Bedingung erfüllen $u + n.v = const$, wobei u der Brechungsexponent für den Übergang von A nach B. Die hieher gehörigen Curven sind Eicurven. Eine solche Eicurve wurde nun für A in Luft und B in Kohlensäure sorgfältig construirt und B einmal in

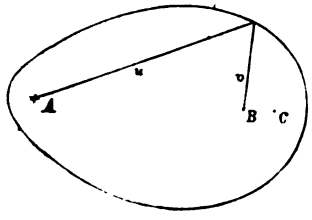
Fig. 5.



den Mittelpunkt eines reflectirenden Kreises, dann in den Brennpunkt einer reflectirenden Ellipse gelegt, um die Reciprocität von *A* und *B* nicht zu stören. Die Entladungen in *A* brachten nur sehr diffuse Staubfiguren hervor. Nur einmal schien es beim Beginn des Versuches, als ob sie in *B* schon vorhanden wären und anderswo noch fehlten.

Das Misslingen so sorgfältig angestellter Versuche legte den Gedanken nahe, dass zur Sammlung des Schalles, wie bei der reflectirenden Ellipse, eine geschlossene Wellenfläche nöthig sei. Diese herzustellen, hat aber bei Brechungsversuchen einige Schwierigkeiten. Man kann zwar eine Eicurve construiren, welche beide Punkte *A* und *B* umschliesst und die geometrische Eigenschaft $u + nv = const$ erfüllt; allein dann liegen beide Punkte auch in demselben physikalischen Medium. Folgender Versuch führt nun zum Ziele.

Fig. 6.



Man construire um die Punkte *A* und *B*, Fig. 5, die Eicurve

$$u + \frac{5}{4} v = const$$

und bringe drei solche eiförmige Bretter parallel über einander an. Das mittlere ist etwas kleiner. Der Rand des mittleren und das obere Brett sind durch eine Membran verbunden und ihr Zwischenraum mit Kohlensäure gefüllt. Das untere und obere Brett verbindet ein Blechreif und zwischen dem unteren und mittleren befindet sich Luft. Der Funke überschlägt zwischen dem unteren und mittleren Brett in *A*, die Schallwelle biegt um den Rand des mittleren Brettes durch die Membran in die Kohlensäure ein und erzeugt auf der bestäubten Platte im Punkte *B* eine schöne scharfe Staubfigur mit concentrischen Ringen. Die Figur verschwindet und es erscheinen einige, jedoch nicht mehr concentrische Rippen in *C*, wenn die Kohlensäure entleert und auch durch Luft ersetzt wird. Dieser Versuch ist vollständig analog dem Ellipsenexperiment.

Wir sehen also, dass, obgleich das Huyghens'sche Fundamentalprincip für den Schall ebenso anwendbar ist wie für das Licht, doch die Umstände, unter welchen beide Erscheinungen

erfolgen, zu verschieden sind, um gleiche Form anzunehmen. Grosse Differenzen bringt die Verschiedenheit der Wellenlänge hervor. Eine kleine, das Licht reflectirende Fläche fasst viele tausend Wellenlängen. Um ein analoges Experiment für den Schall anzustellen, müsste man mindestens eine Berglehne als Spiegel aushöhlen. Dann könnte man vielleicht Schallbilder erhalten. Erscheinungen wie die totale Reflexion können beim Schall aus denselben Gründen nicht erwartet werden. Auch bei unperiodischen Schallbewegungen werden die gewöhnlichen Reflexions- und Brechungsgesetze nicht zutreffen.

Dass geschlossene Schallwellenflächen sich dem Licht ähnlicher verhalten, liegt an einem einfachen Umstande. Beim Licht verschwindet die Wirkung der Ränder des endlichen Bruchstückes einer Wellenfläche, an welchen Rändern die Anwendung des Huyghens'schen Principes nicht mehr so einfach und unbedenklich ist, gegen die Wirkung der centralen Theile. Bei Schallwellen tritt ein solches Verschwinden vermöge der sehr viel grösseren Wellenlänge nicht ein. Ein Bruchstück einer Schallwelle zeigt sofort Zerstreuung.

Eine genauere Ableitung der hier besprochenen Erscheinungen aus dem Huyghens'schen Princip, eine Aufzählung der bei solchen Ableitungen zu gebrauchenden Vorsichten, sowie eine Untersuchung der eigentlichen Bedeutung des Huyghens'schen Principes, welches im Wesentlichen in der Zusammensetzung einer Auflösung aus particulären Integralen beruht, wird Mach geben, sobald es Zeit und Umstände erlauben [1].

---

[1] Das Huyghens'sche Princip ist ein viel einfacheres und mehr fundamentales Gesetz, als z. B. das Snell'sche Brechungsgesetz. Spricht man dies in der Fermat'schen Form aus, „dass das Licht bei der Brechung von einem Punkte zum andern auf einem Wege kürzester Zeit gelange“ (vergl. meine Demonstration in Carl's Repertorium 1872), so ergibt sich die Erklärung sehr einfach: Das Licht kann von jedem Punkt zu jedem Punkt auf jedem Wege gelangen, doch können nur die Lichter, die mit Wegen gleicher Zeit zusammentreffen, sich unterstützen, also nur solche, welche einen Weg kürzester Zeit gegangen sind, weil vermöge der allgemeinen Eigenschaft des Minimums auch die Nachbarwege des Minimumweges gleiche Zeit in Anspruch nehmen. Mach.

Zur Theorie der Talbot'schen Streifen.

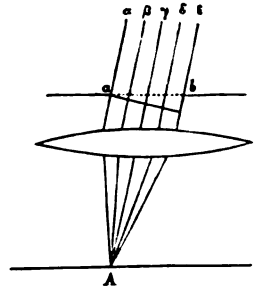
Von **V. Dvořák.**

(Mit neun Holzschnitten.)

Die Erscheinung der Talbot'schen Streifen, die von Airy[1] zuerst theoretisch behandelt wurde, dessen Theorie aber Esselbach[2] vervollständigte, lässt sich auf eine kürzere Art und theilweise ohne jede Rechnung nach einem von Herrn Prof. E. Mach in seinen Vorlesungen zur Demonstration der Fraunhofer'schen Beugungserscheinungen angewandten Princip leicht herleiten.

Um nach diesem Princip die Helligkeit eines Punktes A im Beugungsbilde einer Spalte ab (Fig. 1, a) zu finden, trage man die gleichen Amplituden der einzelnen Strahlen α, β, γ, δ, ε vom Mittelpunkte eines Kreises o (Fig. 1, b) der Reihe nach so nebeneinander auf, dass die Grösse des Bogens $\alpha\beta$, $\beta\gamma$ etc., der zwischen den Endpunkten der Amplituden $o\alpha$, $o\beta$ etc. eingeschlossen ist, dem Gangunterschiede der zugehörigen Strahlen α, β etc. proportional wird, und zwar soll dem Gangunterschiede von einer ganzen Wellenlänge die Bogenlänge des ganzen Kreises $= 2\pi$ entsprechen. Die resultirende Amplitude findet man nach dem Gesetze des Kräftenparallelogramms, indem man die einzelnen Amplituden als Componenten betrachtet; theilt man die resultirende Amplitude durch die Anzahl der einzelnen Amplituden, so ist

Fig. 1 *a*.

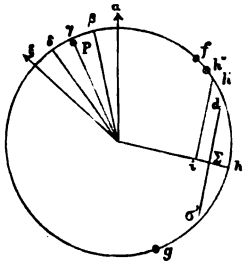


[1] Pogg. Annalen LVIII. pag. 535.

[2] Pogg. Annalen XCVIII. pag. 528.

ihre Grösse nach Poinsot[1] gleich dem Abstande Op des Schwerpunktes p des Bogens $\alpha\varepsilon$ von O.

Fig. 1, *b*.



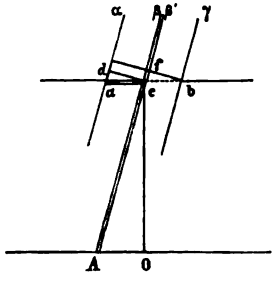
Um den Schwerpunkt eines Bogens fg (Fig. 1, *b*) zu finden, theile man den Bogen fg in zwei gleiche Hälften fh und hg; ist σ der Schwerpunkt von fh, und σ' der Schwerpunkt von hg, so ist Σ der Schwerpunkt von fg. Ist $hh' = s$, so ist $oi = \cos s$, wenn man $oh = 1$ nimmt; $h'h''$ ist $= ds$; somit ist

$$o\Sigma = \frac{\int_o^{hf} \cos s \, ds}{\int_o^{hf} ds} = \frac{\sin hf}{hf};$$

setzen wir $fg = w$, so ist die Lichtintensität

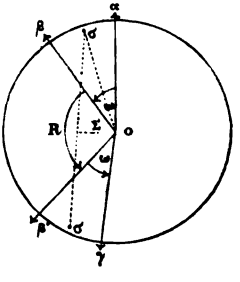
$$J = o\Sigma^2 = \left(\frac{\sin \frac{w}{2}}{\frac{w}{2}}\right)^2.$$

Fig. 2, *a*.



Bei dem Beugungsbilde einer zur Hälfte mit einem dünnen Plättchen bedeckten Spalte ab (Fig. 2, *a*) ist die Helligkeit eines auf der Seite des Plättchens gelegenen Punktes A gleich dem Quadrate der Resultirenden zweier gleichen Amplitudenbüschel $\alpha o\beta$ und $\beta' o\gamma$ (Fig. 2, *b*), wobei die Bögen w den beiden gleichen Gangunterschieden $\frac{da}{\lambda}$ und $\frac{cf}{\lambda}$, der Bogen R aber dem vom Plättchen herbeigeführten constanten Gangunterschiede wieder in der Art proportional

Fig. 2, *b*



[1] Éléments de Statique. 1861, p. 140.

sind, dass die Bogenlänge des ganzen Kreises $= 2\pi$ dem Gangunterschiede von einer ganzen Wellenlänge entspricht. Diese beiden Amplitudenbüschel heben sich jedesmal auf, wenn die beiden gleichen Winkel w zu Scheitelwinkeln werden; dann ist $w + R = \pi + 2n\pi$. Für einen Punkt A' (Fig. 3, *a*), der nicht auf der Seite des Plättchens liegt, haben die zwei Büschel die durch Fig. 3, *b* veranschaulichte Lage; diese Büschel heben sich auf, wenn

Fig. 3, *a*.

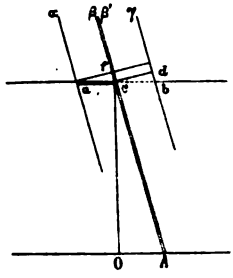
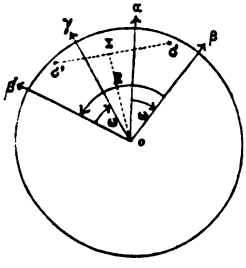


Fig. 3, *b*.

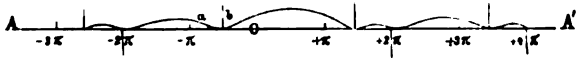


$$w - R = \pi + 2n\pi.$$

Es treten aber auch Minima auf, wenn in beiden Fällen $w = 2n\pi$ ist, wo n jede ganze Zahl ausser o vorstellt; denn dann sind die Amplituden auf die ganze Kreisperipherie gleichmässig vertheilt, ihre Resultirende ist also $= o$; die Lage dieser Minima ist also von dem Plättchen ganz unabhängig und es sind dies Minima einer gewöhnlichen Spalte von der Breite $\frac{ab}{2} = ae$.

Da nun OA für gewöhnliche Fälle als proportional dem ad (Fig. 2, *a*) und mithin auch dem w angesehen werden kann, so tragen wir, um die Lage der Minima zu erhalten, auf der Geraden

Fig. 4.



AA' (Fig. 4.) vom Punkte O aus, gleiche Stücke von der Grösse π nach beiden Seiten hin auf; die von dem Plättchen unabhängigen Minima haben den Abstand 2π untereinander, nur für den Punkt O fällt das Minimum aus; die von dem Plättchen abhängigen Minima treten auf, wenn auf der einen Seite $w_0 = (2n + 1)\pi - R$, auf der anderen $w_1 = (2n + 1)\pi + R$; also haben alle diese Minima untereinander den Abstand von 2π;

denn z. B. für $n = o$ ist $w_0 = \pi - R$, $w_1 = \pi + R$, und mithin $w_0 + w_1 = 2\pi$ etc. Die Grösse von R bestimmt die relative Lage dieser zwei Gruppen der Minima und es ist beim Wachsen von R gerade so, wie wenn an einem fixen Massstab (in der Figur die unteren Theilstriche), wo aber der dem Punkte O entsprechende Theilstrich fehlt, ein zweiter beweglicher Massstab (in der Figur die oberen Theilstriche) vorbeigeschoben würde; die Abstände der Theilstriche bei beiden Massstäben sind $= 2\pi$; die Grösse der Verschiebung gibt das R an in der Art, dass für $R = o$ die einen Theilstriche die Zwischenräume der andern halbiren.

Dieses ergibt sich ohne Zuhilfenahme einer allgemeinen Formel; diese lässt sich aber leicht herleiten. Sind nämlich σ und σ' die Schwerpunkte der zwei Bögen $\alpha\beta$ und $\beta'\gamma$ (Fig. 2, *b*), so ist Σ der Schwerpunkt für beide zusammengenommen; der Abstand des Schwerpunktes Σ von o ist $= o\Sigma = o\sigma \cos \sigma o\Sigma$; $o\sigma$ ist nach dem früheren

$$= \frac{\sin \frac{\pi}{2}}{\frac{\pi}{2}}; \quad \sigma o\Sigma \text{ ist aber} = \frac{w}{2} + \frac{R}{2};$$

also ist die Lichtintensität

$$J = o\Sigma^2 = \left(\frac{\sin \frac{\pi}{2}}{\frac{\pi}{2}}\right)^2 \cos\left(\frac{w}{2} + \frac{R}{2}\right)^2$$

für Punkte, die an der Seite des Plättchens liegen; für Punkte, die an der anderen Seite liegen, erhält man nach (Fig. 3, *b*)

$$J = \left(\frac{\sin \frac{\pi}{2}}{\frac{\pi}{2}}\right)^2 \cos\left(\frac{w}{2} - \frac{R}{2}\right)^2;$$

sieht man das w und mithin auch R für die erstgenannten Punkte als negativ an, so bekommt man die von Airy entwickelte Formel:

$$J = \left(\frac{\sin \frac{w}{2}}{\frac{w}{2}}\right)^2 \cos\left(\frac{w}{2} - \frac{R}{2}\right)^2.$$

Zwei gleich breite Spalten, wo bei der einen das Plättchen die linke, bei der anderen die rechte Hälfte bedeckt, sind Spiegelbilder von einander; folglich werden dann auch die in beiden Fällen zum Vorschein kommenden Lichtvertheilungen Spiegelbilder von einander sein; in der allgemeinen Formel für J jedoch wird, wenn das Plättchen auf die rechte Seite der Spalte ab (Fig. 2, a) hinüberkommt, das Zeichen des R geändert.

Nimmt man statt einer einzigen leuchtenden Linie ein ganzes Spectrum, welches eine Reihe neben einander liegender verschiedenfarbiger Linien vorstellt und wo für diese Linien der Gangunterschied vom rothen Ende gegen das violette hin stetig zunimmt, so legen sich die Beugungsbilder der einzelnen farbigen Linien einfach über einander, weil die einzelnen Farben unter einander nicht interferiren, und auf diese Art erhält man unter gewissen Umständen Streifen im Spectrum.

Wir nehmen zuerst einen analogen, für die Betrachtung jedoch einfacheren Fall an. Es sei nämlich eine unendliche Reihe von Beugungsbildern gegeben, wobei der Gangunterschied im ersten Beugungsbilde $R = o$ ist, und bei den folgenden ganz gleichmässig wächst, so dass für das letzte Beugungsbild der Gangunterschied $R = \infty$ ist; die Beugungsbilder sollen alle derselben Farbe angehören, damit die Streifenbreite in den Beugungsbildern sich nicht mit der Wellenlänge ändert; jedoch sollen die Lichter der einzelnen Beugungsbilder unter einander nicht interferiren, sondern sich einfach addiren. (Es müssten also diese Beugungsbilder von verschieden dicken Plättchen herrühren, während beim Spectrum die Verschiedenheit der Wellenlänge die Variation des Gangunterschiedes herbeiführt.)

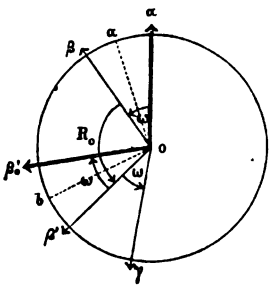
Denkt man sich dieselben Beugungsbilder in eine zweite Reihe angeordnet, die mit der erstgedachten symmetrisch ist, so entspricht das bei einem Spectrum dem Falle, wo das violette Ende mit dem rothen vertauscht wird.

Es lassen sich nun die von Airy gefundenen Resultate noch mit anderen fast ohne Rechnung leicht herleiten. Gesetzt, dasjenige Ende unserer Reihe, wo der Gangunterschied $= \infty$ ist und welches dem violetten Ende eines Spectrums entspricht, sei an der Seite des Plättchens, und wir betrachten den Punkt O (Fig. 2, a, für das Beugungsbild, dessen Centrum in O ist, sei

der Gangunterschied $= Ro$; die Beugungsbilder, deren Centra rechts von O liegen, decken mit einem Punkte ihrer linken Hälfte den Punkt O; also gilt für alle rechts liegenden Beugungsbilder die Construction der Fig. (2, *b*); jedoch wird für jedes weiter nach rechts gelegene Beugungsbild der Gangunterschied R jedes mal kleiner, weil das Ende der Reihe, wo der Gangunterschied $R = o$ ist (welches beim Spectrum dem rothen Ende entspricht), auf der rechten Seite liegt.

In einem besonderen Falle soll nun Ro beim Fortschreiten von O nach rechts um eben so viel abnehmen, als w, der Gangunterschied der beiden Strahlen α und β, zugenommen hat. Wäre beim Fortschreiten nach rechts Ro unverändert geblieben, so hätten die beiden Amplitudenbüschel die Lage $\alpha o\beta$ und $\beta' o\gamma$ (Fig. 5); Ro muss aber um w verkleinert werden und dann haben die Büschel die Lage $\alpha o\beta$ und $\beta'_0\, o\beta'$. Ähnliches gilt auch für jedes weitere Büschelpaar und die Folge der Büschelpaare bildet also zwei von der Breite Null sich bis in das Unendliche ausbreitende Fächer, wobei der Schenkel $o\alpha$ des einen, und der Schenkel $o\beta_0'$ des anderen Fächers unbeweglich ist. Ist nun die Resultirende eines einzelnen Büschels $\alpha o\beta$ oder $\beta_0' o\beta'$ gleich ρ, die Resultirende der beiden Büschel zusammengenommen aber $= r$, so ist r^2 als Quadrat der Diagonale eines Parallelogramms $= 2\rho^2(1+\cos aob)$; der Winkel aob der beiden Einzelnresultirenden ist aber unveränderlich und $= R_0$; und die Lichtintensität des betrachteten Punktes O (Fig. 2, *a*) ist, wenn wir blos die rechts von O gelegenen Beugungsbilder in Betracht ziehen,

Fig. 5.



$$= \sum_{w=o}^{w=-\infty} r^2 = \sum_{w=o}^{w=-\infty} 2\rho^2(1+\cos R_0).$$

Die links von O gelegenen Beugungsbilder geben an den Punkt O eine Lichtmenge ab, die, wie man durch eine ähnliche Betrachtung (Fig. 3, *a* und *b*) leicht einsieht, gemessen wird durch

$$\sum_{w=0}^{w=+\infty} r^2 = \sum_{w=0}^{w=+\infty} 2\rho^2(1+\cos R_0);$$

also ist die wirkliche Lichtintensität J des Punktes

$$O = (1+\cos R_0)\sum_{w=-\infty}^{w=+\infty} 2\rho^2; \quad \sum_{w=-\infty}^{w=+\infty} 2\rho^2$$

ist aber eine constante Grösse $= C$; also ist

$$J = C(1+\cos R)$$

und folglich sind in diesem Falle Streifen in unserer Reihe von Beugungsbildern. Ausserdem sind in diesem speciellen Falle, wo R und w sich beide in demselben Masse ändern, die Streifen schärfer, als in allen übrigen noch möglichen Fällen; denn ist R_0 (Fig. 5) gleich $(2n+1)\pi$, so sind die Winkel $\alpha o\beta$ und $\beta'_0 o\beta'$ stets Scheitelwinkel, was aber nicht mehr der Fall ist, wenn sich R in einem anderen Masse ändert als w; sind aber $\alpha o\beta$ und $\beta_0' o\beta'$ Scheitelwinkel, so ist r stets $= o$, und hat dann den kleinsten Werth, den es überhaupt annehmen kann; $J = \Sigma r^2$ ist dann ebenfalls am kleinsten und $= o$. Für $R_0 = 2n\pi$ fallen die beiden Resultirenden ρ für jedes w zusammen; das r ist dann am grössten und mithin ist auch $J = \Sigma r^2$ ein Maximum.

Wenn auch R nicht in demselben Masse sich ändert wie w, so muss doch die Änderung des R proportional dem w sein. Wenn wir also wieder den Punkt O (Fig. 2, a) ins Auge fassen, so wird für die rechts von O gelegenen Beugungsbilder das R um $\frac{C}{2}$. w verkleinert, für die gleichweit nach links gelegenen aber um $\frac{C}{2}$. w vergrössert, wobei $\frac{C}{2}$ eine Constante bedeutet. Der Winkel der beiden Einzelnresultirenden ρ ist dann nicht mehr constant und $= R_0$, sondern er ist, wie man durch eine analoge Construction wie in Fig. 5, wo das $\frac{C}{2} = 1$ ist, sogleich einsieht, für die rechts befindlichen Beugungsbilder

$$= -\left(R_0 - \frac{C}{2}w + w\right) = -w\left(1 - \frac{C}{2}\right) - R_0;$$

für die Beugungsbilder links von O ist dieser Winkel

$$= w - \left(R_0 + \frac{C}{2} w\right) = w\left(1 - \frac{C}{2}\right) - R_0.$$

In Fig. 5 ist nämlich das Büschel $o\beta'\gamma$ um seine eigene Winkelgrösse W zurückgedreht, um aber den gegenwärtigen Fall zu erhalten, ist das Büschel um einen Winkel zurückzudrehen, der kleiner oder grösser ist als w, je nachdem $\frac{C}{2}$ kleiner oder grösser ist als 1. Dann ist

$$r^2 = 2\rho^2\left(1 + \cos\left[\pm w\left(1 - \frac{C}{2}\right) - R_0\right]\right).$$

Wäre das Ende der Reihe, wo der Gangunterschied $= o$ ist (rothes Ende beim Spectrum), an der Seite des Plättchens, so wäre, wie man sich leicht überzeugen kann, das $\frac{C}{2}$ in der Formel positiv. Der allgemeine Ausdruck für die Lichtintensität J ist also

$$= \sum_{w=-\infty}^{w=+\infty} r^2 = 2\int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin\frac{w}{2}}{\frac{w}{2}}\right)^2 \left(1 + \cos\left[w\left(1 \pm \frac{C}{2}\right) - R\right]\right) dw$$

$$= 4\int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin\frac{w}{2}}{\frac{w}{2}}\right)^2 \left(2 + \cos\left[\frac{w}{2}(1 \pm C) - R\right]\right) \frac{dw}{2}.$$

Das Cosinusglied wird nach der Form $\cos(\alpha - \beta)$ aufgelöst und ist

$$= \cos\left[\frac{w}{2}(2 \pm C)\right] \cos R + \sin\left[\frac{w}{2}(2 \pm C)\right] \sin R.$$

Dann ist

$$J = 4\left(\int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin w}{w}\right)^2 dw + \cos R \int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin w}{w}\right)^2 \cos[w(2 \pm C)]\, dw + o\right);$$

denn das Glied, welches den $\sin[w(2 \pm C)] \sin R$ enthält, ändert mit der Variablen w sein Zeichen und ist also $= o$; das erste Glied

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin w}{w}\right)^2 dw \text{ ist aber} = \pi;$$

der Factor

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin w}{w}\right)^2 \cos[w(2 \pm C)]dw$$

des zweiten Gliedes ist von Esselbach bestimmt worden und ist für positive C stets $= o$: für negative C hat er, so lange C kleiner als 2 bleibt, den Werth von $+\frac{C}{2}\pi$; von $C = -2$ angefangen bis $C = -4$ hat er den Werth $\left(2 - \frac{C}{2}\right)\pi$; und wenn C den Werth -4 überschreitet, so ist sein Werth $= o$.

Positive Werthe von C bedeuten aber, dass das Ende unserer Reihe, welches beim Spectrum dem rothen Ende entspricht, mit dem Plättchen an derselben Seite liegt. Wenn wir, um auf die Formeln Esselbach's zu kommen, den Ausdruck von J durch 8 dividiren, so ist für diesen Fall $J_0 = \frac{\pi}{2}$; es treten also keine Streifen auf.

Ist das Ende mit dem Gangunterschied ∞ (violettes Ende beim Spectrum) an der Seite des Plättchens, so ist

$$J_1 = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2}\frac{C_1}{2}\cos R \quad \ldots\ldots \text{ für } C \text{ numerisch } < 2$$

$$J_2 = \frac{\pi}{2}\frac{\pi}{2}\left(2 - \frac{C_2}{2}\right)\cos R \quad \ldots \text{ für } C \quad " \quad < 4$$

$$J_3 = \frac{\pi}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{ für } C \quad " \quad > 4$$

J_1 hat genau dieselben Werthe wie J_2, wenn $\frac{C_1}{2} = 2 - \frac{C_2}{2}$, oder wenn $\frac{C_1}{2} + \frac{C_2}{2} = 2$ ist; zu diesem Resultate gelangt man auch ohne alle Rechnung durch blosse Betrachtung der Figur; so sieht man z. B. schon aus der blossen Zeichnung sehr leicht, dass wenn $\frac{C_2}{2} = 2$ ist, also das Büschel $\beta' o \gamma$ in Fig. 5 um seine doppelte Winkelgrösse zurückgedreht wird, dieses eigentlich einen Fall vorstellt, wo der Gangunterschied R constant bleibt, wo also Streifen nicht auftreten können; ebenso sieht man schon

aus der Zeichnung, dass wenn $\frac{C'}{2} > 2$ ist, dieser Fall genau dieselbe Folge der Resultirenden r liefert, wie ein bestimmter zweiter Fall, in welchem das die kleineren Gangunterschiede enthaltende Ende der Reihe (rothes Ende beim Spectrum) auf der Seite des Plättchens liegt, was ich hier nicht weiter auseinandersetzen will.

Das $\frac{C}{2}$ kann man jetzt als das Verhältniss des Abstandes der beweglichen Minima im Beugungsbilde einer einzelnen leuchtenden Linie (dieser Abstand ist gleich der Streifenbreite für den Gangunterschied $w = (2n+1)\pi$), zu der Breite eines Streifens in unserer Reihe betrachten; denn der Abstand der beweglichen Minima ist nach dem Früheren $= 2\pi$; wächst nun w um 2π, so ändert sich R um $\frac{C}{2} 2\pi$; die Raschheit dieser Änderung bedingt aber die Streifenbreite in unserer Reihe; je rascher sich nämlich R ändert, um so schmäler werden diese Streifen.

Nähert sich also die Breite eines Beugungsstreifens nach und nach dem doppelten der Breite eines Streifens in unserer Reihe, so werden die Streifen in der Reihe allmälig verschwinden. Werden aber die Beugungsstreifen unendlich schmal, so können auch keine Streifen in der Reihe auftreten, denn dann ist $\frac{C}{2} = o$; dieser Fall würde dann eintreten, wenn die Spalte unendlich breit wäre. Für $\frac{C}{2} = 1$ sind, wie wir schon wissen, die Streifen am schärfsten, was man auch aus den Formeln für J, und J_2 ersehen kann [1].

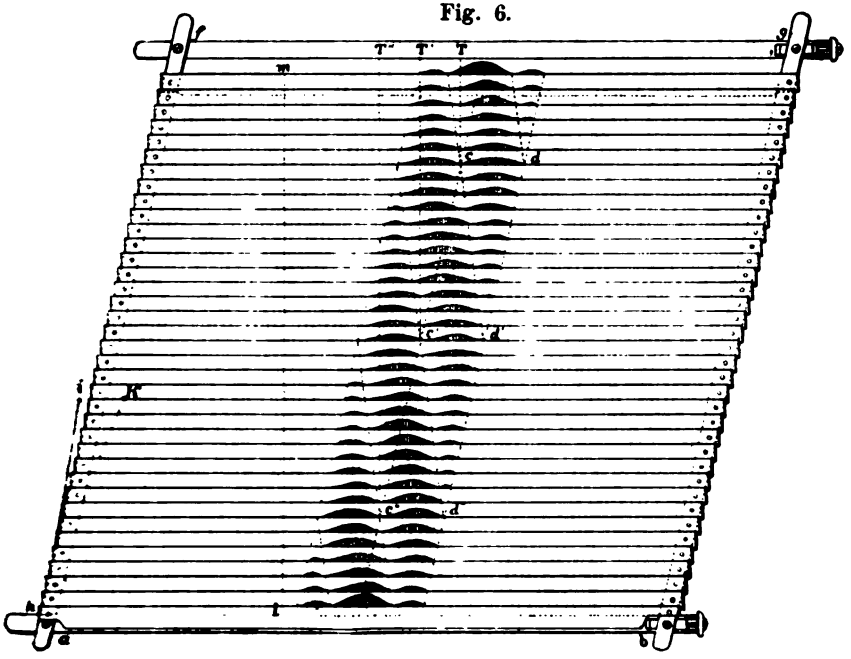
Es bleibt nur noch die Frage, wie weit man alles dieses auf ein wirkliches Spectrum anwenden kann. Im Beugungsbilde einer leuchtenden Linie ist der Theil, wo die Lichtintensität noch merklich ist, verhältnissmässig sehr schmal, wie schon Airy bemerkt, und dieser Theil reicht also in einem Spectrum nur auf die nächst benachbarten Farben; für eine so kleine Strecke kann man demnach annehmen, dass der Gangunterschied nach dem

[1] Der Talbot'sche Versuch gelingt immer nur bei Anwendung einer beugenden Spalte, deren Stelle zuweilen auch die Pupille vertreten kann.

Gesetze einer geraden Linie gewachsen ist, und dass die Breite der Beugungstreifen in den Beugungsbildern der einzelnen farbigen Linien sich mit der Wellenlänge nur unmerklich geändert hat. Soweit dieses also stattfindet, kann man die früher entwickelten Formeln auf ein wirkliches Spectrum anwenden[1].

Die Resultate der Theorie kann man sich leicht an einem in der Fig. 6 dargestellten Apparate veranschaulichen. Es sind auf einem beweglichen Parallelogramme 36 Curven (auf Papier-

Fig. 6.



streifen), welche die Lichtvertheilungen in den Beugungsbildern der einzelnen farbigen Linien von dem Gangunterschiede $R = 2n\pi$ bis $R = 2n\pi + 3.2\pi$ darstellen, aufgespannt; was in der Figur schraffirt ist, entspricht den Beugungsbildern und ist weiss, alles Übrige ist schwarz. Das Ganze ruht auf einer breiten schwarzen Unterlage und wird mittelst eines oscillirenden Reflexionsprisma's (welches gerade so eingerichtet ist wie das Münchow'sche

[1] Eine experimentelle Prüfung der Airy'schen Theorie der Talbot'schen Streifen habe ich in Pogg. Annalen CXLVII p. 605 veröffentlicht.

oscillirende Prisma), dessen Kante parallel zu *ab* ist, betrachtet; dadurch wird im betrachtenden Auge die Summe der Lichtintensitäten für jede auf *ab* senkrechte Linie gebildet. Da alles nur von dem Verhältnisse $\frac{C}{2}$ der Breite der Beugungsstreifen zu der Breite der Streifen im Spectrum abhängt, so kann man, um $\frac{C}{2}$ zu variiren, die Breite der Beugungsstreifen constant lassen und blos die Breite der Streifen im Spectrum variiren, wie es bei unserem Apparate der Fall ist; denn hier ist die Breite der Beugungsstreifen stets gleich $cd = c'd' = c''d''$, wobei für die Curven bei c, c' und c'' der Gangunterschied $R = 2n\pi + \pi$, $2n\pi + 3\pi$ und $2n\pi + 5\pi$ ist. Die Breite der Talbot'schen Streifen ist mithin $TT' = T'T''$, und man kann sie dadurch, dass man die Parallelogrammseite *ab* festhält, und die Seite *fa* verschiebt, variiren. Auf der Unterlage sind die Lagen dieser Seite, bei welchen $\frac{C}{2} = 2$ und $\frac{C}{2} = 1$ ist, mit zwei Strichen *hi* und *hk* bezeichnet. Bei der Lage *hi* verschwinden die Streifen, bei der Lage *hk* sind sie am deutlichsten. Verzieht man die Seite *af* des Parallelogramms aus der senkrechten Lage in entgegengesetzter Richtung, so entspricht dieses dem Fall, wo das rothe Ende des Spectrums an der Seite des Plättchens liegt, und man bekommt dann keine Streifen.

Die Beugungscurven des Apparates sind nach den von Airy[1] berechneten und construirten Curven gezeichnet, und zwar ist nur der mittlere Theil des Beugungsbildes von $w = -\pi$ bis $w = +\pi$ berücksichtigt, weil der übrige Theil nur eine unmerkliche Helligkeit besitzt. Die Oscillationen des Reflexionsprisma's müssen bei einer gewählten Entfernung des Objectes gerade so gross sein, dass die grösste Verschiebung des Bildes etwas grösser ist, als *ml*; auch kann man dunkle Blendungen um das Prisma herum anbringen, die das Gesichtsfeld, soweit als es nöthig ist, beschränken.

---

[1] Poggd. Annalen LVIII. Taf. II. Fig. 10.

Spiegelgalvanometer mit regulirbarer Dämpfung.

Von dem w. M. **Viktor v. Lang.**

(Mit 3 Tafeln.)

Das Galvanometer, dessen Beschreibung ich hier gebe, wurde in der Werkstätte meines Laboratoriums ausgeführt. Es ist nicht nur zur Beobachtung mittelst Fernrohr bestimmt, sondern gestattet auch eine objective Benutzung, wobei selbst im erleuchteten Saale eine gewöhnliche Gas- oder Petroleumflamme genügt. Was diesen letzteren Punkt betrifft, so ist die Einrichtung des vorliegenden Instrumentes gleich der, die ich schon früher an einem Wiedemann'schen Galvanometer getroffen habe und die von Dr. Fr. Exner in Carl's Rep. f. Exp. Physik. B. 5 (1869) S. 6 beschrieben wurde.

Das Charakteristische des zu beschreibenden Instrumentes ist nun, dass es innerhalb gewisser Grenzen einen beliebigen Grad der Dämpfung und der Astasie des schwingenden Magnets mit Leichtigkeit herzustellen erlaubt.

Das zeitraubende Schwingen einer Magnetnadel kann nämlich auf zweierlei Art gehindert werden:

Erstens durch blosse Dämpfung, indem man der Nadel grössere Kupfermassen so nahe als möglich bringt.

Zweitens durch Astasie. Durch Nähern eines Hilfsmagnets wird nämlich bei schwacher Dämpfung der Erdmagnetismus so weit aufgehoben, dass die abgelenkte Magnetnadel ohne weitere Schwingung in ihre Ruhelage zurückkehrt. Dieser „aperiodische" Zustand der Magnetnadel wurde von E. Du Bois

Reymond[1]) zuerst näher untersucht und dessen grosse Bedeutung bei Benützung des Spiegelgalvanometers von demselben hervorgehoben. Die Empfindlichkeit des Galvanometers ist im ersten Falle natürlich sehr gering, dagegen bedeutend im zweiten wegen des aufgehobenen Erdmagnetismus. Und zwar wird das Instrument desto empfindlicher, je schwächer die Dämpfung, weil man dann den Hilfsmagnet näher bringen muss, um den aperiodischen Zustand herbeizuführen.

Will man also die Methode von Du Bois Reymond anwenden, so ist es höchst wünschenswert, den Grad der Dämpfung reguliren zu können. Es ist aber nicht minder erwünscht, Vorrichtungen für die feinere Bewegung des Hilfsmagnets zu haben, da es sich schliesslich um sehr kleine Stellungsänderungen desselben handelt, die aus freier Hand schwer auszuführen sind.

Ich gehe nun zur Beschreibung des Instrumentes, Fig. 1—6, über. Sämmtliche Metallbestandtheile desselben mit Ausnahme des Kupfercylinders *A* und der Magnete sind aus Messing. Auf dem mit Stellschrauben versehenen Dreifuss *B* erhebt sich der Conus *C*, welcher oben abgesetzt ist und das prismatische Stück *D* trägt. Dieses Stück war ursprünglich ein vollständiges rechtwinkeliges Parallelopiped, dessen längste Seite aufwärts gerichtet ist. Parallel der kürzesten Kante, welche die Richtung der Axe des Instrumentes hat, ist das Stück *D* kreisförmig ausgedreht und in der so gebildeten Öffnung wird das Rohr *E* horizontal festgehalten. Von der Mitte der oberen Fläche des Stückes *D* geht eine enge Bohrung bis durch die obere Fläche des Rohres *E*. Durch diese Bohrung wird der Coconfaden geführt, welcher den möglichst leichten Glasspiegel *F* trägt, auf dessen Rückwand eine magnetisirte ganz feine Nähnadel klebt.

Concentrisch zu dem Rohre *E* ist das Parallelopiped *D* ausgedreht nahezu bis zur verticalen Bohrung, damit die Multiplicatorrolle *G* dem Magnet möglichst genähert werden kann.

An der Vorderseite des Stückes *D* ist das Rohr *E* durch eine planparallele Glasplatte oder durch die planconvexe Linse *H*

---

[1] Die aperiodische Bewegung gedämpfter Magnete. Monatsber. d. k. Ak. d. W. zu Berlin. Jahrg. 1869, S. 807 und Jahrg. 1870, S. 537.

geschlossen, je nachdem man mit dem Fernrohre oder objectiv beobachten will. Auf der hinteren Seite des Spiegels *F* befindet sich im Rohre *E* der Kupfercylinder *A*, durch dessen Annäherung an den Magnet eine ungeheure Dämpfung hervorgebracht werden kann. Diese Näherung kann durch die Schraube *J* und die Vorrichtung *K* so bewirkt werden, dass der Kupfercylinder sich dabei nicht dreht, um einen möglichst gleichförmigen Gang dabei zu erzielen. Die Mutter der Schraube *J* ist in den Knopf *L* eingeschnitten, der blos durch Reibung in der Röhre *E* steckt. Der Kupfercylinder *A* dient zugleich als Hemmung für den Magnetspiegel.

Der die Astasie bewirkende Hilfsmagnet *M* kann in dem etwas kürzeren Rohr *N* mit der Hand verschoben, und durch die Schraube *O* festgeklemmt werden. Die feinere Einstellung geschieht durch die Mikrometerschraube *P*, welche den Schlitten *Q* und das darauf befestigte Rohr *N* sammt Hilfsmagnet *M* bewegt. Die Schraube *P* und die Backen *R* des Schlittens sind auf der Platte *S* befestigt, die auf der andern Seite ein Gegengewicht *T* trägt. Der horizontale Hilfsmagnet *M* befindet sich aber in einem etwas tieferen Niveau, als der Spiegelmagnet, damit bei der objectiven Benützung des Instrumentes die Beleuchtung in gewissen Stellungen weniger gestört wird.

Ausser der Näherung muss aber der Hilfsmagnet auch noch gedreht werden können. Zu dem Zwecke bewegen sich auf dem Conus *C* zwei Hohlkegel, wovon der innere *U* bei seiner Drehung durch Reibung der äusseren *V* mitnimmt, welcher die Platte *S* mit dem Hilfsmagnet trägt. Die grobe Einstellung geschieht nämlich durch Drehung des äusseren Hohlkegels *V*, während zum Behufe der feineren Drehung der innere Hohlkegel *U* unten eine Scheibe *W* trägt, in deren Rand die Hälfte einer Schraubenmutter geschnitten ist. Die Schraube *X* wird durch die Feder *Y* in die Gänge dieser Mutter gedrückt, ausserdem wird aber diese Schraube durch das gabelförmige Stück *Z* gehalten, welches an dem Dreifuss *B* befestigt ist.

Was die Aufhängevorrichtung des Magnetspiegels betrifft, so hat die verticale Bohrung des Parallelopipeds *D* in ihrer oberen Hälfte einen grösseren Durchmesser. In diese weitere Bohrung passt das untere Ende des ebenfalls durchbohrten

drehrunden Stückes *a*. Letzteres kann mit Hilfe der Scheibe *b* um eine verticale Axe gedreht und durch die Schraube *c* festgeklemmt werden. Oben ist das Stück *a* weiter ausgedreht und durch eine eingepasste abnehmbare Scheibe *d* geschlossen, die an einer Stelle vom Rande bis zum Centrum aufgeschnitten ist und zur Centrirung des Fadens dient. Der Faden ist nämlich an einer durchlöcherten Welle *e* befestigt, die auf das horizontale Ende eines starken Drahtes *f* aufgesteckt ist. Das andere Ende des rechtwinkelig umgebogenen Drahtes ist an der Scheibe derart festgemacht, dass durch die excentrische Stellung der Welle *e* der Faden gerade in die Mitte der Bohrung zu hängen kommt.

Die Fig. 7—9 geben die Einrichtung zur objectiven Benützung. Die Tischplatte *g* trägt an dem einen Ende die Holzbank *h*, worauf das Galvanometer steht. Am anderen Ende befindet sich senkrecht zur Längsrichtung das verticale Brett *i* mit der Skala und einer Öffnung $\alpha\alpha$, um das Licht der Lampe *k* durchzulassen. Vor dem Brette steht noch zur Abhaltung des seitlichen Lichtes der Kasten *l*, der nur dem Galvanometer gegenüber eine kleine Öffnung $\beta\beta$ hat. In den Kasten kann noch der Schieber *m* gesetzt werden, in welchem eine Öffnung $\gamma\gamma$ geschnitten ist, wie sie gerade der specielle Zweck erfordert. Die Lampe *k* kann durch die Vorrichtung *n* höher und tiefer gestellt werden.

Mit Hilfe dieses Gestells kann man die Torsion des Fadens ganz wegbringen. Man stellt nämlich zuerst das Brett *i* parallel dem magnetischen Meridian, was mittelst einer auf den Kasten *l* gesetzten Boussole leicht bewerkstelligt werden kann. Dann setzt man in das Galvanometer die Linse *H* mit der convexen Seite nach aussen ein. Auf diese Weise erhält man durch Spiegelung von der Linse ein schwaches Bild der Flamme auf der Skala und kann nun das Galvanometer um die verticale Axe so drehen, dass das Bild der Flamme mit der Mitte der Skala zusammenfällt. Man hat dann nur die Scheibe *b* so lange zu drehen, bis auch das vom Magnetspiegel entworfene Bild in die Mitte der Skala fällt. Diese Methode setzt freilich voraus, dass die Mitten von Flamme, Skala und Galvanometer in einer zur Ebene des Brettes *i* senkrechten Verticalebene liegen.

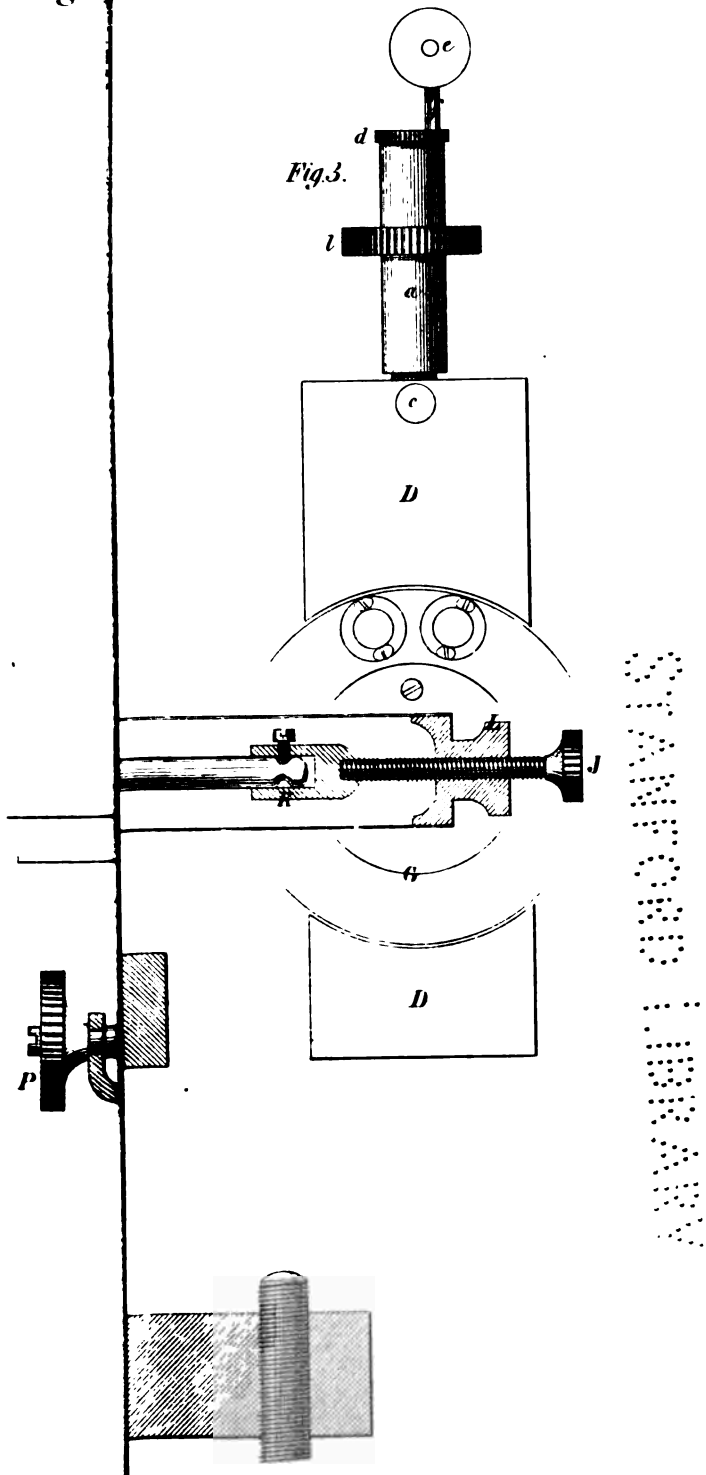


Fig. 3.

Druck v. C. W. Stern in Wien.

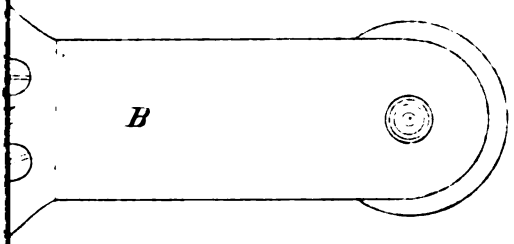
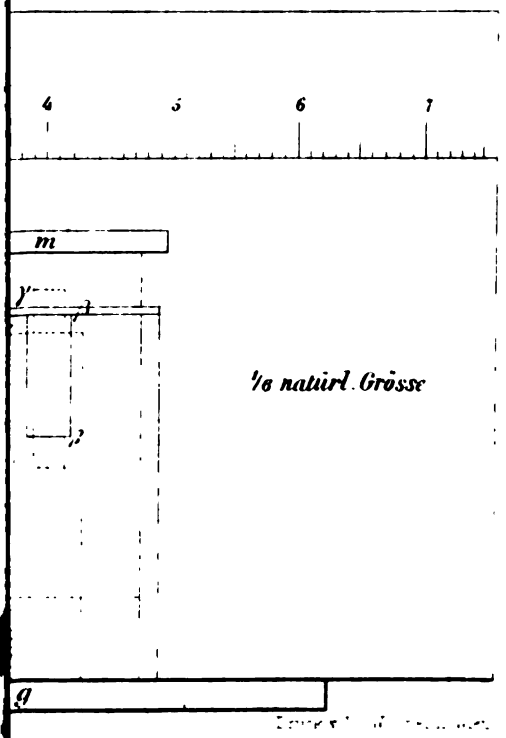


Fig. 7.



Sonst kann man aber die Torsion auch nach der Methode Lamont's bestimmen, indem man den Magnetspiegel durch einen andern Magnet wiederholt um 360° herumdreht.

Noch will ich bemerken, dass, wenn bei der gewählten Aufstellung des Galvanometers der Hilfsmagnet eine solche Lage erfordern sollte, dass das Licht der Lampe oder die Visirlinie des Fernrohres dadurch gedeckt würde, man sich leicht dadurch helfen kann, dass man einen passenden Magnetstab in einer zum magnetischen Meridian nahezu senkrechten Richtung unter das Galvanometer legt.

IV. SITZUNG VOM 30. JÄNNER 1873.

Der Secretär legt eine, im Wege der k. k. Seebehörde in Triest eingelangte goldene Medaille (nebst dem zugehörigen Diplome) vor, welche aus Anlass der internationalen maritimen Ausstellung zu Neapel, im April 1871, der Adria-Commission der kais. Akademie für ausgestellte Instrumente und wissenschaftliche Arbeiten zuerkannt worden ist, sowie ein zweites Diplom der landwirthschaftlichen Industrie- und Kunstausstellung zu Triest, im November 1871, wodurch der Adria-Commission für dieselben Ausstellungs-Objecte gleichfalls eine goldene Medaille zuerkannt wurde.

Die Direction der k. k. Staats-Oberrealschule zu Graz dankt, mit Zuschrift vom 28. Jänner, für die Betheilung dieser Lehranstalt mit dem Anzeiger der Classe.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Die Periodicität des Wasserstandes der Salzach, Saale und Gasteiner Ache", von dem c. M. Herrn Vice-Director K. Fritsch in Salzburg.

„Ein allgemeines Gesetz für die Kreistransversale", vom Herrn Jos. Schram, Professor am Communal-, Real- und Obergymnasium in Mariahilf.

„Die Grundursache aller chemischen und physikalischen Vorgänge des Weltalls", vom Herrn J. Bregeard, Enregistrements-Einnehmer in Strassburg.

„Zur mechanischen Theorie der Elektrolyse", vom Herrn Karl Domalip, Assistenten für Physik am deutschen Polytechnikum zu Prag.

Herr Dr. A. Boué legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Bemerkungen über die von Dr. A. Wolfert erneuerte Theorie der Polarlichter durch Reflexion und Brechungs-Phänomene der Sonnenstrahlen".

Herr Prof. Dr. A. Winckler überreicht eine Abhandlung: „Integration der linearen Differentialgleichung zweiter Ordnung, deren Coëfficienten lineare Functionen der unabhängigen Veränderlichen sind."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften und Künste, Südslavische: Rad. Knjiga XXI. U Zagrebu, 1872; 8°. — Starine. Knjiga IV. U Zagrebu, 1872; 8°. — Stari pisci hrvatski. Knjiga IV. U Zagrebu, 1872; 8°.

— — Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. September & October 1872. Berlin; 8°.

— — Königl. Bayer., zu München: Sitzungsberichte der philos.-philolog. und histor. Classe. 1872. Heft 2—3. München; 8°. — Inhaltsverzeichniss zu Jahrgang 1860—1870 der Sitzungsberichte der k. b. Akad. d. Wiss. München, 1872; 8°.

American Journal of Science and Arts. Third Series. Vol. IV, Nrs. 19—24. New Haven, 1872; 8°.

Annalen der Chemie, von Wöhler, Liebig, Kopp, Erlenmeyer und Vohlard. N. R., Band LXXXIV, Heft 1—3. Leipzig und Heidelberg, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 3. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1918—1919. (Bd. 80. 22—23.) Altona, 1873; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLV, Nr. 180. Genève, Lausanne, Paris, 1872; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 1—2. Paris, 1873; 4°.

Franke, Aug. Moritz, Die Erde als organischer Körper dargestellt und beschrieben. Dresden. 1873, 8°. — Beschreibung einer Sammlung von Gebirgsarten, aus denen vorzugsweise die Ackererde entstanden ist etc. Dresden, 1872; 8°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: VIII. Bd., Nr. 1—2. Wien, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 3—4. Wien, 1873; 4°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VI, 7. & 8. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Kasan, Universität: Bulletin et Mémoires. 1869, Heft V—VI; 1870, Heft I—IV; 1871, Heft I—IV. Kasan; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 2. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873. Nr. 1. Wien; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. Jahrgang 1872. Ergänzungsheft Nr. 34. Gotha; 4°.

— Mineralogische, von G. Tschermak. Jahrg. 1872, Heft IV. Wien; kl. 4°.

Nature. Nrs. 168—169, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Observations made at the Magnetical and Meteorological Observatory at Batavia, Vol. I. Batavia, 1871; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIe Année, 2e Série, Nrs. 29—30. Paris, 1873; 4°.

Society, The Royal Geographical, of London: Journal. Vol. XLI. 1871. London; 8°. — Classified Catalogue of the Library of the R. Geogr. Soc., to December, 1870. London, 1871; 8°.

Tübingen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871. 4° & 8°.

Verein, Entomologischer, in Berlin: Berliner Entomologische Zeitschrift. XVI. Jahrg. II—IV. Vierteljahrsheft. Berlin, 1872; 8°.

— Nassauischer, für Naturkunde: Jahrbücher. Jahrg. XXV und XXVI. Wiesbaden, 1871 & 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang. Nr. 3—4. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang. 18. Heft. Wien, 1872; 4°.

Zur mechanischen Theorie der Elektrolyse.

Von **Karl Domalip,**
Assistent für Physik am deutschen Polytechnicum zu Prag.

Auf Grundlage des Princips von der Erhaltung der Kraft hat man die mechanische Theorie der Elektrolyse gebaut. Als eine Folge dieser Theorie definirt man die elektromotorische Kraft eines Voltai'schen Elementes dahin, dass dieselbe in einer geschlossenen Kette, gemessen nach den Weber'schen Einheiten, gleich ist der Arbeitsgrösse, deren die Gesammtheit der chemischen Actionen fähig ist, welche durch die Einheit des Stromes in der Einheit der Zeit bewerkstelligt werden.

Bezeichnet man also mit k die elektromotorische Kraft des Elementes, mit c die Wärmemenge, die durch die Verbindung eines Milligramms einer Substanz entwickelt wird, durch α das elektrochemische Äquivalent dieser Substanz in Milligrammen, durch γ das mechanische Wärmeäquivalent, so wird man, wenn die Beziehungen auf die Gesammtheit der chemischen Actionen ausgedehnt werden, haben

$$k = \alpha\gamma c.$$

Man kann also, wenn drei von diesen Grössen gegeben sind, die vierte leicht berechnen. Wäre somit die elektromotorische Kraft experimentell bestimmt, so könnte man mittelst der bekannten Grössen α und γ die Wärmemenge bestimmen, welche bei der Verbindung und der Zersetzung einer bekannten Menge chemischer Substanzen entwickelt wird. Man kann aber auch umgekehrt, wenn die Wärmemenge, welche bei der Verbindung und der Zersetzung chemischer Substanzen sich entwickelt, bekannt ist, mittelst der bekannten Grössen α und γ die elektromotorische Kraft des Elementes, in welchem diese chemischen Actionen stattfinden, bestimmen.

Die Übereinstimmung des so berechneten Werthes der elektromotorischen Kraft mit dem beobachteten ist dann ein Beweis für die Richtigkeit der mechanischen Theorie der Elektrolyse, wie es z. B. Bosscha am Daniell'schen Elemente durchgeführt hat.

Ich will nun im Folgenden einen ähnlichen Vergleich zwischen der elektromotorischen Kraft einer Pincus'schen Kette, die aus den in derselben stattfindenden chemischen Processen berechnet ist, und der beobachteten elektromotorischen Kraft anstellen.

Die Pincus-Säule[1] besteht einfach in der Anwendung von Chlorsilber an der negativen Elektrode, welche aus Silberblech besteht, während Zink mit Schwefelsäure als positive Elektrode dient. Eine Thonzelle ist hier entbehrlich. Befindet sich diese Säule in Wirksamkeit, so wird das Chlorsilber zu pulverförmigem Silber reducirt. Auf ein Äquivalent reducirtes Silber wird ein Äquivalent Zink in Zinkchlorid umgewandelt.

Um eine Übersicht der in Betracht kommenden Wärmemengen zu gewinnen, wollen wir dieselben als abgegebene oder aufgenommene in der Weise bezeichnen, dass wir den eingeklammerten Symbolen der Verbindungen, bei deren Bildung oder Zerlegung sie beziehungsweise frei oder gebunden werden, die Zeichen + oder — vorsetzen. Im Sinne dieser Bezeichnung findet nun in unserem Falle folgender Vorgang statt.

$$+ (Zn.SO_4) - (SO_4H) + (ClH) - (ClAg).$$

Die so gebildete algebraische Summe stellt uns also die durch die Gesammtheit der chemischen Processe in der Kette entwickelte Wärme vor, welche, wie gesagt, der elektromotorischen Kraft der Kette proportional ist.

Nach Favre und Silbermann werden, wenn ein Äquivalent Zink für Wasserstoff in SO_4H eintritt,

$$+ (ZnSO_4) - (HSO_4) = 19834$$

Wärmeeinheiten entwickelt. Da nun anderseits die Verbindungswärmen für (HCl) und (AgCl), beziehungsweise 40191 und 34800

[1] Pogg. Ann. Bd. 135, S 167.

sind, von welchen jene positiv, diese negativ in Rechnung kommen, so wird somit die Gesammtwärme, die durch diese sämmtlichen chemischen Processe in der Pincus-Kette entsteht,

$$25225$$

Calorien pro Äquivalent betragen.

Um nun die elektromotorische Kraft aus diesem Wärmeüberschuss, ausgedrückt in absoluten Einheiten, zu berechnen, hat man noch die Grössen α und γ festzusetzen. Bei der Bestimmung des elektrochemischen Äquivalentes α habe ich die Angaben von Weber benützt. Weber gibt an, dass der Strom, dessen Intensität gleich der Einheit nach absolutem Masse ist, in einer Secunde

$$0{\cdot}009376 \text{ Mgr.}$$

Wasser zersetzt. Um nun das elektrochemische Äquivalent des Zinkes zu berechnen, hat man diese Zahl mit der Verhältnisszahl der Äquivalentengewichte dieser Substanzen zu multipliciren. Diese Verhältnisszahl ist nach den neueren Angaben

$$\frac{32{\cdot}5}{9},^{1}$$

Es ist dann das elektrochemische Äquivalent des Zinkes

$$\alpha = 0{\cdot}033858 \text{ Mgr.}$$

Zur Berechnung von γ wurde das mechanische Wärmeäquivalent, welches Joule durch seine besten Versuche gefunden hat, zu Grunde gelegt. Die Wärme, welche nöthig ist, die Temperatur eines Gramm Wasser um einen Centesimalgrad zu erhöhen, ist im Stande, das Gewicht eines Gramms um $423{\cdot}55^{m}$ zu heben. Es wird somit

$$\gamma = 9809 \cdot 98 \cdot 423550 \cdot 1000$$

ausgedrückt in den üblichen absoluten Einheiten.

Berechnet man nun mit Benützung dieser Zahlen die elektromotorische Kraft der Pincus-Kette, so findet man dieselbe

$$P = 109184 \cdot 10^{6}$$

[1] statt $\frac{32{\cdot}6}{9}$

Wir wollen nun diese Zahl mit derjenigen, welche man für die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes bei Benützung der oben angegebenen Werthe für α und γ bekommt, vergleichen.

Bekanntlich findet bei der Entwicklung des Stromes in der Daniell'schen Kette folgender Process statt.

$$+ (ZnSO_4) - (HSO_4) + (HSO_4) - (CuSO_4).$$

Aus den Versuchen von Favre und Silbermann findet man folgende Wärmemengen für diese chemischen Verbindungen:

$$+ (ZnSO_4) - (HSO_4) = 19834$$
$$+ (HSO_4) - (CuSO_4) = 7512.$$

Es ist somit die gesammte Wärmemenge, die in der Daniell'schen Kette durch die stattfindenden chemischen Actionen entwickelt wird,

$$= 27346.$$

Berechnet man mit Benützung dieser Zahl die elektromotorische Kraft des Daniell'schen Elementes nach absolutem Masse, so findet man dieselbe

$$D = 118365 \cdot 10^6.$$

Setzt man nun die berechnete elektromotorische Kraft des Daniell'schen Elementes $= 1$, so findet man die der Pincus-Kette

$$P = 0 \cdot 922\ D.$$

Es dürfte nun noch eine Umsetzung dieser berechneten elektromotorischen Kräfte in die üblichen Siemens-Jacobi'schen Einheiten in der vorliegenden Frage von Interesse sein. Zu diesem Zwecke ist es nöthig, vorerst eine Relation zwischen diesen Einheiten aufzustellen.

Kohlrausch hat im Jahre 1869 im magnetischen Observatorium zu Göttingen Beobachtungen angestellt, um das Verhältniss der Siemens-Widerstandseinheit zu der absoluten Einheit festzustellen, und fand, dass

$$1 \text{ Siem. E.} = 9705 \cdot 10^6 \frac{mm}{sec}.$$

Um das Verhältniss der Jacobi'schen und der Weber'schen Stromeinheit zu bestimmen, mögen folgende Angaben dienen.

Nach Jacobi ist diejenige Stromstärke als Einheit angenommen, welche in einer Minute 1 CC. Knallgas entwickelt.

Der Strom, dessen Intensität = 1 nach absolutem Masse ist, zersetzt in einer Secunde nach den Versuchen von Weber

$$0{\cdot}009376 \text{ Mgr.}$$

Wasser. Berechnet man nun wie viele Milligramme Wasser durch die Jacobi'sche Stromeinheit zerlegt werden, so gibt das Verhältniss dieser Grössen das Verhältniss jener Masse.

Zu dieser Berechnung wurde nach Regnault die Dichte des

$$\text{Wasserstoffes} = 0{\cdot}06926$$
$$\text{Sauerstoffes} = 1{\cdot}10563^{1}$$

angenommen. Da das Gewicht von einem Cubikmeter Luft

$$= 1{\cdot}29318 \text{ Kilo}$$

beträgt, so ist das Verhältniss des Gewichtes der Luft zu dem des Wassers

$$773{\cdot}288 : 1$$

und es ergibt sich, dass ein Cubikcentimeter Knallgas äquivalent ist

$$0{\cdot}000536304 \text{ Gr.}$$

Wasser. Es werden somit in einer Secunde vom Strome, dessen Intensität = 1 nach dem Jacobi'schen Masse ist,

$$0{\cdot}0089384 \text{ Mgr.}$$

Wasser zersetzt. Es ergibt sich somit das Verhältniss der chemischen Stromeinheit zu der der absoluten, wie

$$1{\cdot}049 : 1.$$

---

[1] Zeuner: „Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie". 2. Aufl. S. 105.

Benützt man die von Kohlrausch angegebene Relation zwischen der Siemens'schen und der absoluten Widerstandseinheit, und dieses eben berechnete Verhältniss der chemischen und absoluten Stromeinheit, so erhält man für die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes

$$D = 11 \cdot 627$$

und für die elektromotorische Kraft der Pincus-Kette

$$P = 10 \cdot 725.$$

Um diese theoretischen Bestimmungen experimentell zu prüfen, bediente ich mich der Compensationsmethode mit Benützung eines Du Bois'schen Compensators. Als compensirende Kette wurde ein Bunsen'sches Element benützt, welches nach einander eine Daniell'sche und dann eine Pincus'sche Kette compensirte. Aus diesen Versuchen wurde dann das Verhältniss der elektromotorischen Kräfte dieser Ketten bestimmt, und es ergab sich dafür die Relation

$$P = 0 \cdot 907\, D,$$

eine Zahl, die mit der oben berechneten

$$P = 0 \cdot 922\, D$$

nahe übereinstimmend, sofort benutzt wurde, um aus den bereits hinlänglich sicher experimentell festgestellten absoluten Werthen der elektromotorischen Kraft des Daniell'schen Elementes

$$D = 12 \cdot 04^{1}$$

den correspondirenden Werth für die Pincus'sche Kette abzuleiten. Man findet auf diese Art

$$P = 0 \cdot 907 \times 12 \cdot 04 \qquad \text{also}$$
$$P = 10 \cdot 92$$

---

[1] Diese von v. Waltenhofen mittelst der Compensationsmethode gefundene Zahl bezeichnet Wüllner (Bd. IV, S. 504) als die sicherste.

was mit dem oben berechneten

$$P = 10 \cdot 725$$

sehr befriedigend stimmt.

Man hat sonach die in folgender Tabelle zusammengestellten berechneten und beobachteten Werthe der elektromotorischen Kräfte beider Ketten.

Kette	E Berechnet	E Beobachtet
Daniell	11·627	12·04
Pincus	10·725	10·92
P/D	0·922	0·907.

Ich habe zu diesen Bestimmungen, wie oben schon bemerkt wurde, die Poggendorff'sche Compensationsmethode benützt. Es scheint nun nothwendig, zur Rechtfertigung dessen Einiges beizufügen, zumal Bosscha dieselbe als unstatthaft zur Vergleichung der elektromotorischen Kräfte bezeichnete.

Bosscha[1] sagt nämlich: „Die mechanische Theorie der Elektrolyse setzt voraus, dass in der Kette wirklich chemische Actionen vor sich gehen, d. h. dass ein Strom die Kette durchlaufe und nur in diesem Falle legt sie die Werthe der elektromotorischen Kräfte aus. Man muss daher von unserer Untersuchung alle die Werthe ausschliessen, welche durch Methoden erhalten worden sind, bei denen der Strom in dem Apparate, dessen elektromotorische Kraft man messen will, vernichtet wurde.

Dies ist der Fall, wenn man sich der sinnreichen Methode des Herrn Poggendorff, der sogenannten Compensationsmethode bedient. Aus den Versuchen des Herrn Poggendorff folgt, dass die elektromotorische Kraft einer Säule etwas verschieden ausfällt, je nachdem sie nach der Compensationsmethode oder nach der Ohm'schen Methode bestimmt worden ist. Man wird also zu der Annahme geführt, dass die Spannung der Pole eines hydroelektrischen Elements, wenn die Kette offen ist, von anderen Bedingungen abhängt,

[1] Pogg. Ann. Bd. 103, S. 489.

als die elektromotorische Kraft, welche man erhält, wenn den Rheomotor ein Strom durchlauft. Wie dem auch sei, der beobachtete Unterschied, und die Bedingungen, welche erfüllt sein müssen, damit man die mechanische Theorie der Elektrolyse anwenden könne, zwingen uns, die durch die Compensationsmethode erhaltenen Werthe von unserer Betrachtung auszuschliessen.

Aus meinen Versuchen, die ich zur Bestimmung der elektromotorischen Kraft einiger neueren Elemente vorgenommen habe, ergab sich ebenfalls ein Unterschied der elektromotorischen Kräfte derselben, je nachdem die Bestimmung nach der Ohm'schen oder nach der Compensationsmethode vorgenommen wurde. Dieser Unterschied war aber auch desto grösser, je inconstanter die Kette war, bei welcher also die Polarisation die ursprüngliche elektromotorische Kraft bei Schliessung der Kette geschwächt hat, also z. B. grösser bei einem Elemente nach Léclanchè[1] als bei den viel constanteren nach Pincus und Thomsen[2], wie aus Folgendem erhellt.

Betrachten wir zunächst die Pincus'sche Kette im Vergleiche mit der Daniell'schen, für welche Ketten wir oben theoretisch

$$D = 11 \cdot 627$$
$$P = 10 \cdot 725$$

und nach der Compensationsmethode

$$D = 12 \cdot 04$$
$$P = 10 \cdot 92$$

erhalten haben, und vergleichen wir nun damit die Werthe, welche ich dafür mittelst der Ohm'schen Methode erhielt, nämlich

$$D = 11 \cdot 913^{3}$$
$$P = 8 \cdot 679^{4}.$$

---

[1] Zink in verdünnt. Schwefelsäure und Kohle mit Braunstein und Koks umgeben in Salpetersäure.

[2] Kupfer in verdünnter Schwefelsäure und Kohle in der bekannten Mischung von Schwefelsäure und doppeltchromsaurem Kali.

[3] Mittel aus 11·847 und 11·981.

[4] Mittel aus 8·415 und 8·943.

Sie zeigen unverkennbar den Einfluss der Polarisation, der die elektromotorische Kraft beider Ketten unter den bei der Compensationsmethode zur Geltung gekommenen vollen Betrag herabgedrückt hat und zwar in höherem Grade bei der inconstanteren Pincus'schen, als bei der constanteren Daniell'schen Kette.

Vergleichen wir damit allenfalls noch ein Resultat, welches ich mittelst der Fechner'schen Methode der grossen Widerstände[1] für das Verhältniss der elektromotorischen Kräfte beider Ketten fand, nämlich

$$P = 0{\cdot}809\,D$$

während die vorstehenden Bestimmungen nach der Compensationsmethode

$$P = 0{\cdot}907\,D$$

und nach der Ohm'schen

$$P = 0{\cdot}728\,D$$

ergeben, so erscheint die Fechner'sche Methode weniger als die Ohm'sche, aber mehr als die Poggendorff'sche von der Polarisation beeinflusst[2].

Die oben ausgesprochene Behauptung, dass diese Verhältnisse mehr oder weniger hervortreten, je nachdem die (z. B. mit einem Daniell'schen) verglichenen Elemente mehr oder weniger inconstant sind, wird nunmehr ganz klar hervortreten, wenn wir ausser dem bereits besprochenen Pincus'schen Elemente einerseits noch das constantere Thomsen'sche und anderseits das weniger constante Leclanché'sche vergleichen, Elemente, mit deren Untersuchung ich mich gelegentlich beschäftigt habe, weil sie gegenwärtig häufig erwähnt und gebraucht werden.

---

[1] Pogg. Ann. Bd. 45. S. 232.

[2] V. Waltenhofen constatirt in seinen Abhandlungen über die Polarisation constanter Ketten (Wiener Sitzb. 1864, Separatabdruck S. 12 und 18) und über eine neue Methode, die Widerstände galvanischer Ketten zu messen (Pogg. Ann. Bd. 134, S. 220), dass die Fechner'sche Methode nächst der Poggendorff'schen die genauesten Messungen gestattet.

Bei diesen Elementen ergaben die drei Methoden nach Ohm, Fechner und Poggendorff für das Verhältniss ihrer elektromotorischen Kräfte zu jener des Daniell'schen die in folgenden Tabellen zusammengestellten Zahlen.

Thomsen'sche Kette.

Ohm		Fechner		Poggendorff	
0·779	Mittel	0·848	Mittel	0·885	Mittel
0·873	0·826	0·847	0·8475	0·889	0·887

Leclanché'sche Kette.

Ohm		Fechner		Poggendorff	
0·877		1·393	Mittel	1·632	Mittel
0·920	Mittel 0·927	1·376	1·385	1·634	1·633
0·985					

Aus diesen Zahlen sehen wir deutlich den stärkeren Einfluss der Polarisation bei dem im Vergleiche mit dem Thomsen'schen weniger constanten Leclanché'schen Elemente, bei welchem daher die durch Anwendung geringer Stromstärken der Polarisation wenig unterworfene Fechner'sche und noch mehr die im compensirten Elemente jede Polarisation ausschliessende Poggendorff'sche Methode beträchtlich grössere Zahlen lieferten als die Ohm'sche, welche Abweichung bei dem constanteren Thomsen'schen weniger hervortritt. Hätten wir also auch für diese Ketten die elektromotorischen Kräfte theoretisch bestimmt, so würden die so berechneten Werthe, wie aus dem Gesagten folgt, mit den nach der Ohm'schen Methode gemachten Bestimmungen am wenigsten, mit den nach der Poggendorff'schen gemachten dagegen am besten harmoniren.

Es ist somit nicht nöthig anzunehmen, dass die Spannung der Pole eines hydroelektrischen Elements, wenn die Kette offen (oder compensirt) ist, von anderen Bedingungen abhängt, als die elektromotorische Kraft, welche man erhält, wenn den Rheomotor ein Strom durchläuft. Man muss annehmen, dass die Spannung (elektromotorische Kraft), welche sich bei einer offenen (oder compensirten) Kette zeigt, die wahre Quelle sämmtlicher Er-

scheinungen in der Kette sei und somit auch das Mass der stattfindenden Actionen in derselben. Findet man aber, dass die berechnete elektromotorische Kraft mit der bei Ausschluss der Polarisation, also z. B. nach der Poggendorff'schen Methode gefundenen nicht übereinstimmt, so hat man den Grund dieser Nichtübereinstimmung in der Rechnung selbst zu suchen, indem bei dieser chemische Vorgänge supponirt werden, die in der Wirklichkeit nicht stattfinden. Es wird nämlich bei obiger Berechnung der elektromotorischen Kraft aus der Wärmeentwicklung angenommen, dass der elektrolytisch ausgeschiedene Wasserstoff auch wirklich wieder eine Verbindung eingeht, was eine vollständige Aufhebung der Polarisation bedeuten würde, aber bis jetzt bei keiner Kette vollkommen erreicht wurde[1]. Es ist somit leicht ersichtlich, dass die so berechnete elektromotorische Kraft grösser ausfallen muss, als wenn man dieselbe nach der Ohm'schen Methode bestimmen sollte, und dass diese Nichtübereinstimmung eine desto grössere sein muss, je weniger constant, d. h. je weniger depolarisirt das Element ist, das verglichen wird. Dies findet auch in unserem Falle statt. Die Pincus'sche Kette gehört ebenfalls zu jenen, deren Polarisation nicht gänzlich aufgehoben wird, und wie aus den angeführten Messungen nach den verschiedenen Methoden: Ohm, Fechner, Poggendorff, hervorgeht, hat sie auf den Werth der elektromotorischen Kraft einen bedeutenden Einfluss. Wollte man die Ohm'sche Methode dazu benützen, um die theoretisch berechnete elektromotorische Kraft einer Kette zu prüfen und in der Übereinstimmung dieser Werthe eine Bestätigung der mechanischen Theorie der Elektrolyse suchen, so müsste man auch die stattfindende Polarisation mit in Rechnung ziehen, was oben nicht geschehen ist.

---

[1] Beetz hat die von Waltenhofen gemachten Beobachtungen über die Polarisation der constanten Ketten und die damit zusammenhängende Thatsache, dass dieselben eine grössere oder kleinere elektromotorische Kraft äussern, je nachdem sie als compensirte oder compensirende verwendet werden, vollkommen bestätigt gefunden. Pogg. Ann., Bd. 142.

Und da eine solche Correction überhaupt nicht ausführbar ist, erscheint die Ohm'sche und überhaupt jede von der Polarisation abhängige Methode für solche Zwecke nicht geeignet.

Zuletzt sei mir noch gestattet, dem Herrn Prof. Dr. v. Waltenhofen, der mir bei dieser Arbeit seine Unterstützung zu Theil werden liess, meinen innigsten Dank auszusprechen.

Die Periodicität des Wasserstandes der Salzach, Saale und Gasteiner Ache.

Von **Karl Fritsch**,

p. Vice-Director d. k. k. Centr.-Anst. f. Meteorologie, corr. Mitgl. d. k. Akad. d. Wissenschaften.

(Mit graphischen Darstellungen auf 2 Tafeln.)

Seit dem Jahre 1864 brachte ich zur Kräftigung meiner schwankenden Gesundheit mit Genehmigung des h. k. k. Ministeriums für Cultus und Unterricht jeden Sommer in Salzburg zu, wodurch mir die Gelegenheit geboten war, die Bewegungen des Wasserstandes der Salzach zu studiren und mit dem Verhalten der Witterung, insbesondere mit der Höhe der Niederschläge und dem Gange der Temperatur zu vergleichen.

Da aber meine Wohnung von dem an der Salzburger Brücke angebrachten Pegel des Wasserstandes ziemlich entfernt war und anderweitige Arbeiten mir nur wenig Zeit liessen, regelmässige Beobachtungen über den Wasserstand der Salzach anzustellen, so blieben meine Aufzeichnungen über den Wasserstand ziemlich lückenhaft. Erst im Jahre 1871 verwandelte sich mein Sommeraufenthalt in einen dauernden, da ich bald darauf in den Ruhestand versetzt worden bin. Auch war ich aus Rücksicht für meinen Sohn Karl, welcher die Schule zu besuchen anfing, genöthigt, meine Wohnung auf dem Lande mit einer in der Stadt zu vertauschen.

Hiedurch war mir die Gelegenheit geboten, regelmässige Beobachtungen über die Bewegung des Wasserstandes der Salzach anzustellen und nach Erfordernis s selbst mehrmal im Laufe des Tages. Mit Rücksicht auf die Kürze der Zeit, welche diese Beobachtungen vorerst noch umfassen, waren sie mir bisher

dennoch nur insoferne von Nutzen, als sie mich die tägliche Periode des Wasserstandes der Salzach näher kennen lernten, wie ich später zu zeigen Gelegenheit finden werde.

Andererseits bin ich auf die Existenz einer Quelle von Wasserstandsbeobachtungen schon vor einigen Jahren aufmerksam geworden[1], indem Herr Dr. F. V. Zillner 14jährige Monatmittel des Salzach-Wasserstandes veröffentlichte, ohne jedoch die Quelle näher zu bezeichnen.

Herr Dr. A. Sauter theilte mir freundlichst mit, dass ausser Herrn Dr. Zillner auch Herr Dr. R. Spängler Näheres über die erwähnte Quelle der Beobachtungen mitzutheilen in der Lage sein dürfte.

Meine Anfrage bei Dr. Spängler, den ich vorerst zu sprechen Gelegenheit fand, hatte sogleich den gewünschten Erfolg, indem er mir mitzutheilen die Güte hatte, dass die erwähnten Beobachtungen vom Bau-Departement der k. k. Landes-Regierung von Salzburg ausgingen.

Die weitere Anfrage bei Herrn Franz Pieschel, k. k. Ober-Ingenieur und Vorstand des erwähnten Departements, hatte die weitere Folge, dass mir mit grosser Liberalität sämmtliche Beobachtungen zur Verfügung gestellt worden sind. Ausser den täglichen Aufzeichnungen über den Wasserstand der Salzach bei Salzburg von den Jahren 1855 bis 1871 einschliesslich, wurden mir noch freundlichst zur Benützung eingeräumt:

1. Tägliche Beobachtungen über den Wasserstand der Gasteiner Ache am Pegel der Kaltenbrunner Brücke bei Hofgastein von November 1861 bis Ende 1870.
2. Beobachtungen über den Wasserstand der Salzach an der Magazinsbrücke bei Hallein von 1867—1870[2].
3. Tägliche Beobachtungen über den Wasserstand der Salzach bei Moldan von 1855—1859[3].

---

[1] Dr. F. V. Zillner: Über den Einfluss der Witterung auf die Entstehung gastrischer Krankheiten in der Salzburger Stadtbevölkerung und über die Ursachen der Typhus-Epidemie d. J. 1865. Salzburg 1866.

[2] Es fehlen: 1868. Jänner. 1869. August. Min. Septbr., Max. 1870 Jänner, Februar, October bis December.

[3] Fehlend: 1856, dann October bis December 1859.

4. Tägliche Beobachtungen über den Wasserstand der Salzach bei St. Josef von 1855—1860 [1].
5. Tägliche Beobachtungen über den Wasserstand der Salzach bei Muntigl von 1855—1860 [2].
6. Tägliche Beobachtungen über den Wasserstand der Salzach bei Oberndorf von 1855—1871 [3].
7. Tägliche Beobachtungen über den Wasserstand der Saale an der Rottbrücke von 1855—1860, theilweise auch 1866 [4].

Alle Angaben sind in Wiener Fuss und Zollen.

Die theilweisen Lücken, welche die Beobachtungen enthalten, finden in den nicht stabilen Stationen der Bauamtsorgane, welche die Beobachtungen anstellten, ihre Erklärung.

Von diesen Beobachtungen habe ich jene über die Salzach bei Salzburg und Oberndorf, welche die Jahre 1855—1871 mit Ausschluss von 1856 umfassen, einer eingehenderen Bearbeitung unterzogen, als jene an den übrigen Stationen, wo sie nur einige wenige Jahre hindurch fortgesetzt worden sind und, wie bemerkt, nicht ohne Lücken. Nur rücksichtlich der Beobachtungen an der Gasteiner Ache, deren Wasserspiegel so regelmässige, periodisch wiederkehrende Schwankungen aufzuweisen hat, machte ich noch eine Ausnahme.

Für die Station Salzburg berechnete ich monatliche Mittelwerthe des Wasserstandes aus allen täglichen Beobachtungen und für die Extreme, nämlich das Maximum und Minimum des Wasserstandes in jedem Monate; für die übrigen Stationen an der Salzach: als Hallein, Moldan, St. Josef und Oberndorf nur Monatmittel der Extreme und für alle diese Stationen, Oberndorf ausgenommen, mit Hilfe der Differenzen gegen Salzburg. Die Station Muntigl liess ich aus, weil, abgesehen von der Kürze der Beobachtungsreihe, während derselben eine bedeutende sprung-

---

[1] Fehlend: 1856, dann October bis December 1858, August bis December 1860.

[2] Fehlend: 1856, dann October bis December 1858, October 1859, August bis December 1860.

[3] Fehlend: 1856.

[4] Fehlend: 1856, März bis December 1858, Mai bis November 1859, August bis December 1860, März bis December 1866.

weise Änderung der Pegelstände eintrat. Für die Gasteiner Ache und die Saale sind die Monatmittel der Extreme unmittelbar aus den Beobachtungen abgeleitet, also nicht durch Differenzen gegen Salzburg, weil eine derartige Reduction nicht angezeigt erschien.

a) Mittlerer Wasserstand der Salzach bei Salzburg.

	Meter	Wiener Mass	
Jänner	0·087	0′ 2″1[1]	0′ 3″3
Februar	0·053	0 1·9	0 2·0
März.....	0·350	0 8·0	1 1·3
April	0·782	2 4·2	2 5·7
Mai	1·364	3 8·4	4 3·8
Juni	1·470	4 7·3	4 7·8
Juli.....	1·351	4 3·7	4 3·5
August	1·283	4 0·4	4 0·7
September ...	0·867	2 10·2	2 8·9
October.....	0·440	1 6·5	1 4·7
November....	0·295	0 11·0	0 11·2
December....	0·129	0 4·6	0 4·9

Wie man sieht, so hat der Wasserstand der Salzach eine deutlich ausgesprochene jährliche Periode. Als weniger bekannt dürfte anzunehmen sein, dass er auch unter dem Einflusse einer täglichen Periode steht. Diese vorausgesetzt, ist der mittlere Wasserstand, wie er in obiger Tabelle mitgetheilt wird, abhängig von der täglichen Beobachtungszeit. An allen Stationen, von welchen hier die Wasserstände der Salzach, Saale und Gasteiner Ache mitgetheilt werden, wurden die Beobachtungen täglich um 9 Uhr Morgens angestellt, um welche Zeit der Wasserstand, wenigstens bei Salzburg, in Folge einer täglichen Periode des Schwankens beiläufig den höchsten Stand erreicht.

Die hier mitgetheilten mittleren Wasserstände sind demnach etwas zu hoch, wenigstens in den Sommermonaten. Das im Laufe des Tages unter dem Einflusse der Lufttemperatur zu- und

[1] Nach Dr. Zillner.

abnehmende Schneeschmelzen in den Alpen ist als die Ursache der täglichen Periode des Wasserstandes anzusehen. Schon aus meinen im Jahre 1864 angestellten Beobachtungen habe ich die Grösse der täglichen Schwankung zu bestimmen gesucht und im Juni = 1'55, Juli = 3'69 und August = 4'38 gefunden, um welche Grössen der Wasserstand Abends niedriger ist als Morgens[1]. Im Jahre 1872 war es mir möglich, solche Beobachtungen zu wiederholen und über das ganze Jahr auszudehnen.

Aus denselben habe ich für die Grösse der täglichen Schwankung, indem ich die Morgenbeobachtung von der Abendbeobachtung abzog, und die Sprünge im jährlichen Gange durch ein einfaches Interpolations-Verfahren beseitigte, folgende Werthe erhalten:

Jänner	0'00
Februar	0·00
März	0·47
April	1·27
Mai	2·30
Juni	2·60
Juli	3·27
August	3·27
September	2·50
October	1·03
November	0·00
December	0·00

Da ich jedoch diese Werthe noch nicht für normale halte, indem sich das Jahr 1872 durch eine abnorme Vertheilung der Temperatur und Niederschläge auszeichnete, so habe ich die Werthe auch nicht als Correctionen der Wasserstände benützt, als welche sie mit dem halben Betrage anzunehmen gewesen wären. Hiernach würde die Grösse der Correction selbst im Juli und August, wo sie den höchsten Werth erreicht, nur mit —1'63 anzubringen gewesen sein.

---

[1] Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie. II. Bd., S. 324. Wien, 1867.

b) Mittlere Extreme des Wasserstandes der Salzach bei Salzburg.

	Maximum		Minimum	
Jänner	0·574	1′ 9″8	—0·055	—0′2″1
Februar	0·601	1 10·8	—0·032	—0 1·2
März	0·914	2 10·7	0·050	0 1·9
April	1·709	5 4·9	0·353	1 1·4
Mai	2·147	6 9·5	0·830	2 7·5
Juni	2·191	6 11·2	1·102	3 2·9
Juli	2·347	7 5·1	0·967	3 0·7
August	2·505	7 11·1	0·816	2 7·0
September	1·717	5 5·2	0·492	1 6·7
October	1·204	3 9·7	0·248	0 9·4
November	0·788	2 5·9	0·124	0 4·7
December	0·543	1 8·6	—0·018	—0 0·7

Ich lasse nun folgen die mittleren Extreme des Wasserstandes[1] der Salzach an den übrigen Stationen:

c) Mittler. Maximum des Wasserstandes der Salzach.

	Hallein	Moldau	St. Josef	Oberndorf
Jänner	2′ 0″1	0′ 7″4	1′ 2″8	4′ 2″9
Februar	2 2·4	0 5·0	1 1·7	4 5·1
März	3 3·6	0 10·6	2 0·0	5 3·3
April	5 9·5	2 6·0	4 3·6	8 10·1
Mai	7 0·5	3 6·6	5 8·4	10 5·7
Juni	7 5·6	3 8·7	5 9·2	10 4·5
Juli	8 0·8	4 6·8	6 4·8	10 10·7
August	8 5·9	5 3·1	7 0·4	12 0·0
September ..	6 4·7	3 1·1	4 9·6	8 1·3
October	4 9·1	1 7·1	3 0·0	4 9·7
November ..	3 4·9	0 8·8	1 8·2	4 7·5
December ..	1 11·6	0 2·8	0 11·2	4 0·5

[1] Bei den drei ersten Stationen sind die Anomalien durch einfache Interpolation ausgeglichen.

Die Stationen folgen hier nach dem Laufe des Flusses, die früheren sind die höher gelegenen.

Man sieht, wie viel bei den Wasserhöhen, insbesondere den höchsten Ständen auf die Gestaltung des Fluss-Profils und die vermehrten Zuflüsse ankommt, sonst könnten die Änderungen an den einzelnen Stationen nicht so auffallend verschieden sein von jenen an den anderen.

So erreicht die Salzach Oberndorf, nachdem sie die Saale aufgenommen hat.

d) Mittleres Minimum des Wasserstandes der Salzach.

	Hallein	Moldan	St. Josef	Oberndorf
Jänner	0′ 2′7	—0′7′8	—0′4′1	0′11′2
Februar	0 1·4	—0 7 3	—0 4·4	1 0·9
März	0 11·6	—0 8·7	—0 4·6	1 6·1
April	2 0·8	—0 3·8	0 3·1	2 6·2
Mai	3 9·9	0 5·2	1 5·5	4 6·0
Juni	4 5·6	1 0·9	2 1·7	4 9·0
Juli	4 2·8	1 2·7	2 3·0	4 5·8
August.....	3 6·3	1 0·9	2 1·7	4 1·3
September..	2 6·9	0 2·2	1 1·6	2 11·5
October	1 11·9	—0 4·1	0 3·2	1 10·7
November ..	1 9·1	—0 6·0	0 0·5	1 6·3
December ..	0 7·5	—0 8·2	—0 4·1	1 1·5.

Da ich die Wasserstände der Salzach bei Oberndorf, welche in jeder Beziehung auf eine grössere Sicherheit Anspruch machen, als jene an den übrigen Nebenstationen an der Salzach, zu einer graphischen Darstellung benutzte, in welcher die Wasserhöhen in Metern gegeben sind, so schliesse ich auch noch die mittleren Extreme des Wasserstandes der Salzach bei Oberndorf in Metern an, welche übereinstimmend mit Salzburg aus Beobachtungen der Jahre 1855—1871 gefolgert worden sind.

e) Mittlere Extreme des Wasserstandes der Salzach bei Oberndorf. (In Metern.)

	Maximum	Minimum
Jänner	1·341	0·295
Februar	1·399	0·340
März	1·668	0·477
April	2·795	0·796
Mai	3·341	1·423
Juni	3·279	1·501
Juli	3·442	1·417
August	3·793	1·298
September	2·563	0·935
October	1·520	0·598
November	1·462	0·482
December	1·278	0·356.

Von den Zuflüssen der Salzach sind es die Saale und Gasteiner Ache, für welche die mittleren Extreme des Wasserstandes berechnet wurden. Letztere mündet bei Lend, im Oberlaufe, erstere bei Salburghofen, im Unterlaufe der Salzach in dieselbe.

f) Mittlere Extreme des Wasserstandes der Saale.

Dieselben sind aus den Beobachtungen am Pegel der Rottbrücke bei Saalbruck abgeleitet, welches $^1/_4$ Meile oberhalb der Mündung der Saale in die Salzach liegt[1].

	Maximum	Minimum
Jänner	0′3″4	—0′ 7″3
Februar	1 2·6	—0 4·0
März	2 1·1	0 0·8
April	3 0·3	0 7·2
Mai	3 5·5	1 0·3
Juni	3 8·7	1 0·4
Juli	4 1·8	0 11·6
August	3 3·4	0 8·2
September	2 8·7	0 5·7
October	1 6·2	0 1·3
November	1 0·1	—0 3·7
December	0 5·1	—0 6·2

[1] Die Anomalien im jährlichen Gange des Wasserstandes sind wieder durch Interpolation verkleinert.

Die Beobachtungen über den Wasserstand der Gasteiner Ache sind am Pegel der Kaltenbrunner Brücke bei Hofgastein angestellt und, wie bereits erwähnt, von November 1861 bis Ende 1870 täglich ohne alle Unterbrechung, auch ergibt sich die periodische Schwankung des Wasserstandes schon in den einzelnen Jahren mit ziemlicher Regelmässigkeit.

g) Mittlere Extreme des Wasserstandes der Gasteiner Ache.

	Maximum			Minimum		
Jänner . . .	0·095	0′	3·6	0·016	0′	0·6
Februar . .	0·079	0	2·9	0·003	0	0·1
März	0·124	0	4·7	0·016	0	0·6
April	0·579	1	10·0	0·047	0	1·8
Mai	1·219	3	10·6	0·332	1	0·6
Juni	1·177	3	8·7	0·558	1	9·2
Juli	1·230	3	10·7	0·485	1	6·4
August . . .	1·251	3	11·6	0·458	1	5·4
September .	1·294	4	1·0	0·306	0	11·6
October . . .	0·611	1	11·2	0·184	0	7·0
November . .	0·393	1	2·9	0·121	0	4·6
December . .	0·140	0	5·3	0·055	0	2·1

Unter den klimatischen Factoren, welche die Wasserstände der Flüsse bestimmen, stehen die Temperatur und Niederschläge oben an, erstere jedoch nur insoferne, als sie auf den Aggregatzustand der Niederschläge Einfluss nimmt, sei es, dass diese sich als Regen oder Schnee einstellen oder die schon gebildete Schneedecke des Flussgebietes durch eine steigende Temperatur zum Schmelzen gebracht wird, und in welchem Grade. In einem Flussgebiete, wie jenes der Salzach und ihrer Zuflüsse, in welchem das Terrain sich bis zu Höhen über dem Meeresspiegel erhebt, in welchen die aufgespeicherten Schneemassen den grössten Theil des Jahres, ja theilweise selbst das ganze Jahr hindurch liegen bleiben und sich daher in Gletscher verwandeln, spielen die Temperaturverhältnisse fast eine eben so bedeutende Rolle wie die Niederschläge.

Von grosser praktischer Bedeutung ist die Vergleichung der Niederschlagsmenge eines Flussgebietes mit jener Wassermenge, welche die Flüsse desselben abführen. Eine solche Vergleichung setzt aber eine grössere Anzahl hyetometrischer Stationen voraus, welche im Gebiete zweckmässig vertheilt sind. Auch sind constante Profile an den Mündungen der Flüsse nothwendig, deren Herstellung, wenn die Natur selbst nicht intervenirt, mitunter kostspielig ist. Beiden Bedingungen ist im Lande Salzburg bisher noch nicht entsprochen worden, ich muss daher von einer exacten Vergleichung der Wassermenge der Flüsse mit jener der Niederschläge ihres Gebietes vorläufig absehen und mich begnügen, die Niederschlags- und Wasserhöhen unmittelbar zu vergleichen und die Mittelwerthe der Temperatur beizufügen.

Im Lande Salzburg sind zwei Stationen, an welchen die meteorologischen Beobachtungen lange genug fortgesetzt worden sind, um die sich ergebenden Mittelwerthe des Niederschlages und der Temperatur als genaue ansehen zu können.

In Salzburg beginnen Beobachtungen, an welchen sich successive Herr Gymnasial-Director Dr. H. Kottinger, Gymnasial-Professor P. F. Königsberger, P. R. Pogensberger, Gymnasial-Professor Dr. J. Woldřich, Realschul-Professor Franz Wilhelm und nun ich betheiligten, schon im März 1842. In Wildbad-Gastein beobachtet Herr Dr. Gustav Pröll schon seit 1855. Beiden Beobachtungsreihen sind die nun folgenden Ergebnisse entnommen [1]:

h) Mittlere Monatsummen des Niederschlages.

	Salzburg		Gastein	
	Millim.	Pariser Lin.	Millim.	Pariser Lin.
Jänner	50·71	22·48	52·51	23·28
Februar	50·05	22·19	29·07	12·89

[1] Für Salzburg und Gastein sind die mittleren Temperaturen dem VI. Bande der Jahrbücher der k. k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus Neue Folge) entnommen und beziehen sich auf den 20jährigen Zeitraum (1848—1867). Die Niederschlagsmenge ist für Salzburg aus den Beobachtungen von Mai 1847 bis April 1871, für Gastein aus jenen von März 1855 bis December 1869 gerechnet.

	Salzburg		Gastein	
	Millim.	Pariser Lin.	Millim.	Pariser Lin.
März	63·16	28·00	41·91	18·58
April.....	89·26	39·57	56·40	24·96
Mai .....107·15		47·50	100·81	44·69
Juni .....152·74		67·71	119·35	52·91
Juli.....161·78		71·72	134·22	59·50
August .....151·50		67·16	135·10	59·89
September ..	96·21	42·65	126·78	56·20
October	72·23	32·02	73·70	32·67
November...	61·13	27·10	60·91	27·00
December ..	53·82	23·86	71·60	31·74

In den Wintermonaten, theilweise selbst noch in den Frühlings- und Herbstmonaten sind die mittleren Niederschlagshöhen mit den Wasserhöhen der Flüsse des Landes Salzburg nicht vergleichbar, weil ein Theil des Niederschlages in Schnee besteht, welcher nicht nur liegen bleibt, sondern auch aufgespeichert wird und zwar desto länger, je höher der Ort des Niederschlages über dem Meere liegt.

Es ist daher nothwendig, jenen Theil des Niederschlages, welcher als Schnee herabfällt, von den allgemeinen Niederschlagsmengen auszuscheiden und in besondere Rechnung zu bringen.

i) Mittlere Monatsummen des Niederschlages von Schnee.

	Salzburg		Gastein	
	Millim.	Pariser Lin.	Millim.	Pariser Lin.
Jänner	22·81	10·11	42·76	18·96
Februar	22·76	10·09	20·10	8·91
März	25·75	11·42	37·13	16·46
April.....	13·54	6·00	26·43	11·72
Mai	2·60	1·15	14·60	6·47
Juni.....	0·	0·	1·08	0·48
Juli	0·	0·	0·	0·
August	0·	0·	5·54	2.46
September ..	0·	0·	13·17	5·84

	Salzburg		Gastein	
	Millim.	Pariser Lin.	Millim.	Pariser Lin.
October ...	3·02	1·34	12·22	5·42
November..	22·58	10·01	30·04	13·32
December..	20·82	9·23	55·60	24·65

Wenn die mittleren monatlichen Wasserstände der Flüsse in bestimmten Relationen zu den mittleren Niederschlagshöhen stehen, so sind dagegen die höchsten Wasserstände wieder von den grössten Niederschlagsmengen abhängig. Die monatlichen Mittelwerthe derselben, welche für den Zeitraum eines Tages = 24 Stunden gelten, ersieht man aus folgender Tabelle:

k) Mittlere Maxima des Niederschlages.

	Salzburg		Gastein	
	Millim.	Pariser Lin.	Millim.	Pariser Lin.
Jänner	15·95	7·07	13·24	5·87
Februar	13·89	6·16	13·85	6·14
März	14·08	6·24	12·25	5·43
April.....	23·55	10·44	17·54	7·33
Mai.....	24·36	10·80	19·92	8·83
Juni	31·78	14·09	22·40	9·93
Juli.....	31·01	13·75	27·88	12·36
August	30·20	13·39	28·78	12·76
September ..	24·32	10·78	32·10	14·23
October.....	15·77	6·99	18·66	8·27
November...	14·28	6·33	19·70	8·73
December ..	14·14	6·25	21·36	9·47

Eine Ausscheidung des Schneeniederschlages ist hier noch mehr nothwendig als bei den mittleren Niederschlagshöhen, liess sich aber nur bei Beobachtungen in Salzburg mit einiger Sicherheit durchführen.

l) Mittlere Maxima des Niederschlages von Regen in Salzburg.

	Millim.	Pariser Lin.
Jänner	12·59	5·58
Februar	8·89	3·94
März	11·21	4·98
April	19·81	8·78
Mai	24·36	10·80
Juni	31·78	14·09
Juli	31·01	13·75
August	30·20	13·39
September	24·32	10·78
October	15·18	6·73
November	11·37	5·04
December	11·59	5·14

In den Monaten Mai bis einschliesslich September fällt in Salzburg bei grossen Niederschlägen kein Schnee, es sind deshalb in diesen Monaten die Maxima Tabelle *k* und *l* übereinstimmend.

m) Mittlere Temperatur. (Celsius.)

	Salzburg	Gastein
Jänner	—2°54	—3°90
Februar	—0·59	—2·17
März	2·50	0·92
April	8·17	5·70
Mai	12·62	10·50
Juni	16·35	13·79
Juli	17·50	14·51
August	17·30	14·50
September	13·76	11·56
October	9·27	7·66
November	2·51	1·31
December	— 1·67	3·10

Zur besseren Übersicht habe ich die Ergebnisse auf zwei Tafeln graphisch dargestellt. Die erste derselben macht ersichtlich die mittleren Maxima und Minima des Wasserstandes der Salzach

bei Salzburg und bei Oberndorf, dann für die Gasteiner Ache; für die Salzach bei Salzburg zugleich die mittleren Wasserstände, alle in Metern und für alle Monate des Jahres.

Aus der zweiten Tafel entnimmt man für Salzburg und Gastein die mittleren Temperaturen nach Celsius, dann die höchsten und mittleren Niederschlagshöhen in Millimetern.

Da die Maxima derselben für einen Tag = 24 Stunden gelten, so schien es mir angezeigt, die mittleren Niederschlagshöhen auf denselben Zeitraum zu reduciren. Auch habe ich noch die Ausscheidung des Schneeniederschlages vorgenommen und diesen auf die Sommermonate vertheilt, weil in diesen sowohl die Salzach als Gasteiner Ache einen nicht unbeträchtlichen Theil ihrer Zuflüsse aus dem Wasserquantum beziehen, welches im Laufe des Winters in der Form von Schnee aufgespeichert worden ist. Die Vertheilung ist so vorgenommen worden, dass die Schneeniederschläge 6 Monate später den Regenmengen hinzugefügt wurden, also die Schneemenge des October der Regenmenge des April, die Schneemenge des November der Regenmenge des Mai u. s. f.

Rücksichtlich der Maxima des Niederschlages ist nur noch zu bemerken, dass dieselben den beiden Tabellen *k* und *l* unmittelbar entnommen werden konnten, ohne dass eine weitere Reduction nothwendig schien.

Um die täglichen mittleren Werthe des Niederschlages an Regen und Schnee = *N*, an Regen allein = *R*, sowie die Vertheilung des Schnees auf die Sommermonate = *S*, d. h. die nach derselben sich ergebenden Summen des Regen- und Schneewassers = *R*+*S* in jedem Monate, besser übersehen zu können, als dies, wenigstens theilweise, in der graphischen Darstellung möglich ist, so füge ich dieselben hier an:

n) Mittlere tägliche Niederschlagshöhen. (Millimeter.)

	Salzburg			Gastein		
	N	*R*	*R*+*S*	*N*	*R*	*R*+*S*
Jänner	1·64	0·90	0·90	1·69	0·31	0·31
Februar	1·78	0·97	0·97	1·07	0·35	0·53
März	2·05	1·21	1·21	1·35	0·15	0·59

	Salzburg			Gastein		
	N	*R*	*R+S*	*R*	*R*	*R+S*
April	2·97	2·52	2·61	1·88	1·00	1·39
Mai.....	3·46	3.28	4·13	3·25	2·81	3·81
Juni.....	5·09	5·09	5·76	3·98	3·94	5·73
Juli	5·22	5·22	5·96	4·33	4·33	5·71
August.....	4·89	4·89	5·70	4·30	4·12	4·84
September..	3·21	3·21	4·05	4·22	3·78	4·98
October	2·33	2·19	2·69	2·41	2·02	2·90
November ..	2·03	1·28	1·36	2·03	1·03	1·47
December ..	1·73	1·06	1·06	2·31	0·52	0·56

Die Ergebnisse, welche sich aus der graphischen Darstellung ableiten lassen, sind die folgenden:

Die Curven der mittleren Temperatur und des Maximum der Niederschläge von Salzburg sind den Wasserstandscurven der Salzach viel ähnlicher als die Curven der mittleren Niederschlagshöhen.

Die Curven der mitlleren Temperatur und des Maximum der Niederschläge von Gastein hingegen weichen von den Wasserstandscurven der Gasteiner Ache viel mehr ab, als die Curven der mittleren Niederschlagshöhen.

Der Grund dieser Verschiedenheit beider Resultate dürfte darin zu suchen sein, dass in dem kleinen Gebiete der Gasteiner Ache die mittlere Niederschlagsmenge von Gastein mit jener des ganzen Flussgebietes der Ache mehr übereinstimmt als die mittlere Niederschlagsmenge von Salzburg mit jener des viel grösseren Flussgebietes der Salzach. Auch die Vertheilung des Schneeniederschlages im ganzen Gebiete auf die Sommermonate dürfte nicht unbedeutend von jener verschieden sein, welche sich aus den Salzburger Beobachtungen allein ergibt, und daher auch die Curve der Summen an Regen- und Schneewasser des ganzen Gebietes sich an die Wasserstandscurven der Salzach bei Salzburg viel besser anschliessen.

Die Kenntniss der Grenzen, bis zu welcher die Hochwässer anwachsen können, und der Ursachen ausserordentlicher Fluthen ist für das praktische Leben von kaum minderer Bedeutung, als die Kenntniss der normalen Schwankungen des Wasserstandes.

Hierauf bezügliche Daten scheinen in Salzburg noch nie gesammelt worden zu sein.

An manchen anderen Orten findet man ausserordentliche Wasserhöhen an den, Überschwemmungen ausgesetzten Gebäuden notirt, oder durch Gedenktafeln bezeichnet. Hier in Salzburg gelang es mir bisher nur eine einzige solche Gedenktafel aufzufinden, welche eine ausserordentliche Wasserhöhe und das Datum derselben entnehmen lässt. Sie besteht in einer Marmorplatte, in welche die Linie der grössten Wasserhöhe und das Datum derselben eingemeiselt sind. Diese Platte befindet sich an dem Hause des Hafnermeisters Georg Grumm in Nonnthal, welches in der Nähe der Kirche dieser Vorstadt gelegen ist, und trägt die Aufschrift: „Wasserhöhe am 24. Juni 1786." Die Marke der Wasserhöhe befindet sich 7′ 11″ = 2·24 Meter über dem Fusse der Eingangsthür und es würde sich nach dem Pegel an der Stadtbrücke eine Wasserhöhe von etwa 20′ oder 6·3 Meter ergeben.

Nicht viel niedriger soll die Wasserhöhe an demselben Hause im August 1846 gewesen sein, wie mir eine Frau erzählte, welche seit jener Zeit im Hause wohnt. Nach ihrer Angabe reichte das Wasser bis zur vorletzten Stiege des ersten Stockes, welche genau 6′ oder 1·9 Meter über der Hausflur gelegen ist. Hiernach würde sich eine Wasserhöhe von etwa 18′ nach dem erwähnten Pegel ergeben.

Nach einer weiteren Angabe der erwähnten Gedenkfrau soll die Salzach seit 1846 noch dreimal, jedoch in geringerer Höhe, die Hausflur überstiegen haben. Die grösste Wasserhöhe, welche ich in den die Jahre 1855—1871 umfassenden Tabellen des Baudepartements der hierortigen Regierung verzeichnet fand, ist nur 10′ 3″ = 3·17 Meter. Da jedoch die Aufzeichnungen der Wasserhöhen in der Regel täglich nur einmal, nämlich um 9 Uhr Morgens stattfanden, so dürfte die absolut grösste Wasserhöhe etwas mehr betragen haben.

Aber die früheren ausserordentlichen Wasserhöhen sollen sich als eine Folge des Durchbruches der Salzach in der Gegend von Hellbrunn darstellen, somit als die Folge einer starken Änderung des Flussufers. Oberhalb Hellbrunn hat die Salzach eine Richtung des Stromstriches, welche mit jener unterhalb Salzburg

nahe übereinstimmt. Bei Hellbrunn selbst beginnt die grosse östliche Krümmung des Bettes im Aigner Thale. Es ist aber eine Eigenschaft des Flusslaufes, dass derselbe sich desto mehr der geraden Linie nähert, je grösser die Wasserhöhe ist, und daher die Stromgeschwindigkeit zunimmt. An jenen Stellen des Flussbettes, wo die Krümmungen beginnen, häufen sich die Geschiebe immer mehr und mehr an, wodurch die Überfluthung der Ufer und die Bildung eines neuen Rinnsales begünstigt wird. Hiezu kommt noch, dass an der Stelle, wo die Ablenkung der Salzach in das Aigner Thal beginnt, der Klausbach sein Geschiebe ablagert.

Die Angabe, dass die Wasserhöhe der Salzach im August 1846 in Nonnthal noch als eine Folge des Durchbruches im Jahre 1786 bei Hellbrunn anzusehen ist, wird indirect durch eine Notiz bestätigt, welche ich in den meteorologischen Tagebüchern des Herrn Gymnasial-Directors Dr. Hermenegild Kottinger fand, nach welcher am 24. August 1846 folgende Wasserstände beobachtet worden sind. Um 10 Uhr Vormittags 10′, um 1 Uhr 11′, um 4 Uhr 11′ 6″, also eine Höhe, welche die grösste in den Tabellen des Baudepartements in späteren Jahren verzeichnete, nicht bedeutend übertrifft. Hiernach würde die Wasserhöhe in Nonnthal vom 24. Juni 1786 nur etwa 13′ 6″ am Pegel der Salzburger Brücke betragen haben, nachdem die Salzach von Nonnthal in östlicher Richtung, etwa im Profile der später erbauten Karolinenbrücke, ihre Fluthen wieder in das alte Bett ergossen hatte.

Überblickt man die mittleren Maxima des Wasserstandes der Salzach in der Tabelle *b*, so sollte man meinen, dass die Hochwässer nur auf die Sommermonate beschränkt bleiben. Zu dieser Ansicht ist man um so mehr berechtigt, als die Eisbildung im Winter mit seltener Ausnahme darauf beschränkt bleibt, dass der Fluss Treibeis führt und das Schmelzwasser des Schnees erst im April ein erhebliches Steigen des Wassers bewirkt. Inwieferne diese Ansicht begründet ist, kann aus folgender Tabelle entnommen werden, welche die absolut höchsten Wasserstände enthält, die in den einzelnen Monaten innerhalb des Zeitraumes 1855—1871 vorgekommen sind.

o) Absolute Maxima des Wasserstandes der Salzach.

	Salzburg		Oberndorf	
Jänner	1860 .... 5′	6″	1862	12′ 0″
Februar	1862 9	9	1862	16 6
März	1859 9	2	1859	13 10
April	1867 8	2	1871	12 3
Mai	1863 9	0	1863	13 0
Juni	1861 / 1867 ... 9	0	1861	14 0
Juli	1858 10	3	1858	15 10
August	1855 / 1864 ... 9	0	1870	14 2
September	1860 7	3	1870	11 3
October	1860 5	6	1860	8 9
November	1870 8	9	1870	15 0
December	1869 4	2	1869	9 0

In vorstehender Tabelle sind besonders auffallend die Wasserhöhen im Februar, März und November. Es dürfte daher angezeigt sein, die Ursachen derselben aufzusuchen, so weit dies die meteorologischen Beobachtungen in Salzburg erlauben.

Wasserhöhe am 1. Februar 1862 in Salzburg 9′ 9″, in Oberndorf 16′ 6″.

Temperatur-Extreme der vorhergehenden Tage, Grade nach Réaumur:

	Maximum	Minimum
29. Jänner	2°2	0°0
30. „	4·0	1·8
31. „	7·0	3·0
1. Februar	8·8	5·0

Die Temperaturverhältnisse können demnach nicht als eine ausreichende Ursache angesehen werden.

Richtung und Stärke des Windes, Niederschlag (P. L.)

29. Jänner	SO_1	SO_0	SO_1	1″10‴
30. „	SO_2	SO_1	SO_1	15·32‴
31. „	S_4	NNW_4	S_5	5·96‴
1. Februar	NW_6	NW_5	NW_5	8·96‴

Die enorme Wasserfluth ist somit in erster Linie durch die ausserordentliche Regenmenge verursacht worden, welche im Ganzen nicht weniger als 31"34 erreicht, und im Vereine mit dem Föhn noch überdies die nicht unbedeutenden Schneemassen schmolz, die sich im Laufe des Winters, besonders in den höheren Bergregionen anhäuften. Es ergab der Schnee-Niederschlag (P. L.)

	Salzburg	Gastein
November	3"48	57"42
December	8·82	4·88
Jänner	9·58	36·82

Hiezu kommt noch, dass das Regen- und Schneewasser von dem grösstentheils noch gefrornen Boden nur zum geringen Theile aufgesogen werden konnte.

In Gastein stieg die Temperatur an keinem Tage über 2°8 R., daher die Ache keine grössere Höhe als 1′ 0″ erreichte, obgleich in derselben Zeit wie in Salzburg, 2"30 Schnee und 28"54 Regen fielen, der Niederschlag daher nahe so gross war. Es ist jedoch die angeführte Wasserhöhe der Ache dennoch die höchste im Februar, welche in der ganzen Beobachtungsreihe 1862—1870 verzeichnet ist.

Wasserhöhe am 6. März 1859 in Salzburg 9′ 2″, in Oberndorf 13′ 10″.

Temperatur-Extreme der vorhergehenden Tage:

	Maximum	Minimum
3. März	5°0	2°5
4. „	6·8	3·0
5. „	8·5	4·8
6. „	11·4	5·5

Schon die Temperaturverhältnisse liefern einen Beitrag zur Erklärung der Wasserhöhe.

Richtung und Stärke des Windes, Niederschlag:

3. März	NW_0	WNW_0	SO_1		
4. „	WNW_1	NW_4	NW_1	3"85:	
5. „	NNW_0	NNW_1	SO_1	1·45:	
6. „	NW_4	NW_4	NW_4		

Wenn auch die Windverhältnisse hier nicht in Betracht kommen dürften, so liefert doch der Niederschlag von 15"30 den Schlüssel zur Lösung der Frage, da der vorhergehende Winter ziemlich milde war und daher eine bedeutende Anhäufung des Schnees in der Niederung nicht zuliess, auf welche es bei Thauwetter vorzugsweise ankommt. In Gastein bestand der Niederschlag am 3. und 4., theilweise selbst noch am 5. März in Schnee.

Wasserhöhe am 1. November 1870 in Salzburg 8′ 9″, in Oberndorf 15′ 0″.

Angaben des Maximum-Minimum-Thermometers fehlend.

Die regelmässigen-Temperatur-Aufzeichnungen sind:

	7 Uhr	2 Uhr	9 Uhr
19. October	5°6	7°0	5°6
30. „	4·7	6·8	6·8
31. „	5·4	5·5	5·6
1. November	5·3	5·7	4·8

Richtung und Stärke des Windes und Niederschlag:

29. October....	SO_2	SO_2	NW_3	4"23:
30. „	N_2	W_2	—	5·54:
31. „	SW_2	O_2	—	34·00:
1. November..	—	—	—	20·40:

Die enorme Regenmenge von 64"17 binnen 4 Tagen erklärt für sich allein schon den hohen Wasserstand der Salzach. Auch liegen mir die Aufzeichnungen von Gastein nicht vor.

Sowie in den Sommermonaten sind demnach auch in den Wintermonaten hohe Wasserstände der Salzach fast ausschliessend nur Folgen enormer Regenmengen. Die Temperatur- und Windverhältnisse sind von untergeordneter Bedeutung.

Da die Salzach durch den Inn in die Donau fliesst, so dürfte schliesslich eine Vergleichung des mittleren Wasserstandes der Donau [1] und Salzach von Interesse sein.

---

[1] K. Fritsch, „Über die constanten Verhältnisse des Wasserstandes der Donau bei Wien". Sitzungsberichte der kais. Akademie d. Wissenschaften. XV. Band. 1855.

p) Mittlerer Wasserstand der Donau bei Wien und Salzach bei Salzburg. (In Metern.)

	Donau	Salzach
Jänner	0·509	0·087
Februar	0·783	0·053
März	0·790	0·350
April	1·100	0·782
Mai	1·343	1·364
Juni	1·653	1·470
Juli	1·448	1·351
August	1·220	1·283
September . . .	0·825	0·867
October	0·509	0·440
November . . .	0·388	0·295
December	0·430	0·129

Der jährliche Gang des Wasserstandes beider Ströme ist demnach ziemlich ähnlich, nur in den Wintermonaten zeigen sich Störungen, welche in den Eisverhältnissen der Donau gegründet sind, während die Eisbildungen der Salzach nur in den allerseltensten Fällen störend wirken.

Da diese Störungen und andere Verschiedenheiten mehr in den Extremen der Wasserstände zu erkennen sind, so füge ich auch noch diese bei:

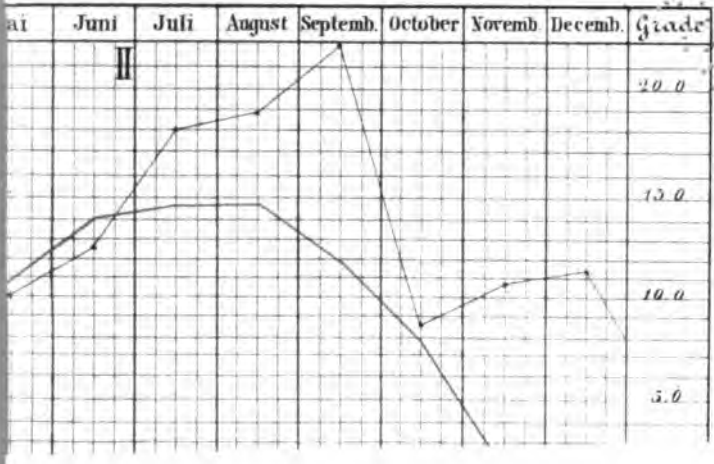
q) Mittlere Extreme des Wasserstandes der Donau und Salzach. (Meter.)

	Maximum		Minimum	
	Donau	Salzach	Donau	Salzach
Jänner	1·536	0·574	0·309	—0·055
Februar	1·890	0·601	0·000	—0·032
März.....	1·694	0·914	0·114	0·050
April.....	1·653	1·709	0·588	0·353
Mai.....	1·901	2·147	0·862	0·830
Juni.....	2·364	2·191	1·100	1·102
Juli.	2·247	2·347	0·942	0·967

	Maximum		Minimum	
	Donau	Salzach	Donau	Salzach
August	2·168	2·505	0·711	0·816
September ..	1·694	1·717	0·395	0·492
October	1·062	1·204	0·114	0·248
November...	0·983	0·788	0·000	0·124
December ..	1·343	0·543	—0·272	—0·018

Die anomale Erhöhung des Wasserstandes der Donau in den Wintermonaten tritt hier deutlicher hervor.

cität der Temperatur u. Niederschläge



Integration der linearen Differentialgleichung zweiter Ordnung, deren Coëfficienten lineare Functionen der unabhängigen Veränderlichen sind.

Von dem w. M. Dr. A. Winckler.

Für die Integration der Gleichung

$$\frac{d^2y}{dx^2} + p\frac{dy}{dx} + qy = 0 \qquad \ldots(1)$$

in Form bestimmter Integrale hat zuerst Euler in den Instit. calc. integr. allgemeine Gesichtspunkte aufgestellt, welche, wenn p und q rationale Functionen von x sind, die einfachsten Fälle der Anwendbarkeit jener Form zu erschöpfen scheinen, seither wenigstens keine wesentliche Erweiterung erfahren haben. Obgleich dabei ein indirecter Weg befolgt, nämlich zu dem Integral die Differentialgleichung gesucht wird, so ist es doch in der Regel leichter, diese Gleichung mit einer gegebenen zur Übereinstimmung zu bringen, als umgekehrt ein bestimmtes Integral zu finden, welches nicht blos formell unter allen Umständen der gegebenen Differentialgleichung Genüge leistet, sondern auch vermöge seiner Grenzen eine endliche, vollkommen bestimmte Function von x ist, — ganz abgesehen davon, dass, wenn es sich um das allgemeine Integral der Gleichung handelt, die Aufgabe hinzutritt, auch noch ein zweites, von dem erstern wesentlich verschiedenes bestimmtes Integral zu finden, welches jenen Bedingungen ebenfalls entspricht.

Welchen Weg man übrigens einschlagen möge, jedenfalls muss, wenn eine einigermassen entsprechende Lösung der Aufgabe erzielt werden soll, der Ausgangspunkt eine allgemeine Untersuchung und einheitliche Darstellung überhaupt möglich

machen, bei welcher die Zahl der Unterscheidungen auf das durch die Natur der Sache bedingte Mass beschränkt bleibt. Mit diesen Forderungen stehen, je nach dem Gebrauch, welcher von dem Integral gemacht werden soll, andere in Verbindung, die sich auf die nähere Beschaffenheit der particulären Integrale beziehen. Diese Integrale sollen möglichst direct durch die in der gegebenen Differentialgleichung vorkommenden Grössen ausgedrückt sein, und daher keine umständlichen oder wiederholten Transformationen jener Gleichung voraussetzen; sie sollen sowohl für reelle als complexe Werthe der constanten Grössen und der unabhängigen Veränderlichen gelten, und nicht in Formen erscheinen, deren explicite Darstellung davon abhängt, dass die Coëfficienten der Gleichung etwa gar in Ziffern gegeben seien.

Wie man sieht, sind dies zumeist Forderungen der analytischen Allgemeinheit, welche übrigens genauer betrachtet, die Aufgabe eher erleichtern als erschweren, und es ist nicht durchaus der letztern zuzuschreiben, dass nur sehr wenige Differentialgleichungen allgemeinerer Art ihre vollständige Erledigung in der bezeichneten Weise gefunden haben. Dies gilt selbst von der so einfachen Gleichung

$$(H_0 t + H)\frac{d^2y}{dt^2} + 2(K_0 t + K)\frac{dy}{dt} + (L_0 t + L)y = 0,$$

welche, seit langer Zeit auf der Tagesordnung, fast eine eigene, sich allerdings in vielfachen Reproductionen bewegende Literatur besitzt, die hier füglich als bekannt vorausgesetzt werden kann.

Diese elementare Gleichung nun, zu deren Betrachtung ich durch ihr häufiges Vorkommen sowohl als den Umstand, dass die vorhandenen Lösungen nicht selten auf Umwegen erhalten werden, und die für manche Anwendungen nöthige Allgemeinheit und Brauchbarkeit nicht besitzen, wiederholt veranlasst worden bin, soll hier als Beispiel für die Integration durch bestimmte Integrale unter Festhaltung der bezeichneten Gesichtspunkte dienen und ausführlich erörtert werden.

Von den Fällen, in welchen die Integration jener Gleichung auch durch unbestimmte Integrale geschehen kann, wird bei einer andern Gelegenheit die Rede sein.

1.

Die Betrachtung stützt sich auf die schon von Euler (a. a. O. Art. 1040) gemachte Hypothese, dass, insofern p und q als Functionen von x gewissen Bedingungen entsprechen, das bestimmte Integral

$$y = P\int_{u_0}^{u_1} e^{Qu}\, u^{\alpha-1}(c-u)^{\beta-1}du$$

der Gleichung (1) genügen könne, wenn unter P und Q Functionen blos von x verstanden werden, und u_0, u_1, sowie auch α, β, c von x unabhängige Werthe bezeichnen, deren nähere Bestimmung vorbehalten bleibt.

Die Substitution dieses Ausdruckes führt zu der Gleichung:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + p\frac{dy}{dx} + qy =$$

$$\int_{u_0}^{u_1} du\,.\,e^{Qu}u^{\alpha-1}(c-u)^{\beta-1}\left[\begin{array}{c} PQ'Q'.u^2 + (2P'Q' + PQ'' + pPQ')u \\ + P'' + pP' + qP \end{array}\right]$$

und wenn man das Integral rechter Hand, unbestimmt betrachtet, dem Ausdruck

$$Re^{Qu}.u^{\alpha}(c-u)^{\beta} + Const.$$

worin R ebenfalls nur von x abhängen soll, gleich setzt, so gelangt man zu den folgenden Relationen:

$$R = -\frac{P}{Q}.Q'Q'$$

$$p = (\alpha+\beta)\frac{Q'}{Q} - 2\frac{P'}{P} - cQ' - \frac{Q''}{Q'}$$

$$q = -\frac{P}{P}\left[(\alpha+\beta)\frac{Q'}{Q} - 2\frac{P'}{P} - cQ' - \frac{Q''}{Q'}\right] - \alpha c \cdot \frac{Q'Q'}{Q} - \frac{P''}{P}$$

Es ist dann, wenn diese stattfinden:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + p\frac{dy}{dx} + qy = \left[Re^{Qu}u^{\alpha}(c-u)^{\beta} + Const.\right]_{u_0}^{u_1}$$

Der Erfolg dieser Hypothese hängt nun, weil von einer Bestimmung von P und Q aus p und q nicht die Rede sein kann, davon ab, dass man durch die Annahme von P und Q auf die gegebene Gleichung geführt werde, und dass sich für u_0 und u_1 Werthe finden lassen, wofür die rechte Seite der vorigen Gleichung verschwindet.

Dies vorausgesetzt sei nunmehr:

$$P = x^m e^{ax+bx^n}$$

$$Q = \gamma x^n,$$

also

$$R = -n^2\gamma \cdot x^{m+n-2} \cdot e^{ax+bx^n}$$

und

$$\frac{d^2y}{dx^2} + p\frac{dy}{dx} + qy =$$

$$\left[-n^2\gamma \cdot x^{m+n-2} \cdot e^{ax+bx^n} \cdot e^{\gamma x^n u} \cdot u^{\alpha}(c-u)^{\beta} + Const.\right]_{u_0}^{u_1} \quad \ldots(2)$$

Dann ist ferner

$$y = x^m e^{ax+bx^n} \int_{u_0}^{u_1} e^{\gamma x^n \cdot u} \cdot u^{\alpha-1}(c-u)^{\beta-1} du \quad \ldots(3)$$

$$p = [n(\alpha+\beta-1)-2m+1] \cdot \frac{1}{x} - n(c\gamma+2b)x^{n-1} - 2a$$

$$q = [n(1-\alpha-\beta)+m] \cdot \frac{m}{x^2} - [n(\alpha+\beta-1)-2m+1]\frac{a}{x} + a^2$$
$$+[m(c\gamma+2b) - nb(\alpha+\beta) - n\alpha c\gamma] \cdot nx^{n-2} \quad \ldots(4)$$
$$+na(c\gamma+2b)x^{n-1} + n^2b(c\gamma+b) \cdot x^{2n-2}$$

Über die acht constanten Grössen a, b, c, α, β, γ, m, n ist in der Art zu verfügen, dass die Gleichung (2) in die gegebene übergeht. Enthält diese, wie solches bei der früher angeführten in t der Fall ist, nur lineare Coëfficienten der unabhängigen Veränderlichen, so reicht die zu Grunde gelegte Hypothese, was besonders bemerkt zu werden verdient, und im weitern Verlauf sich näher herausstellen wird, immer vollkommen aus, wenn, je nach Umständen, der Grösse n die Werthe $\frac{1}{2}$, 1, $\frac{3}{2}$, 2 beigelegt werden.

Hierbei ist auch die Thatsache wohl zu beachten, dass in den für p und q gefundenen Ausdrücken die Grössen c und γ nicht einzeln, sondern stets nur in der Verbindung $c\gamma$ auftreten.

Dies vorausgeschickt, kehre man zu der Gleichung

$$(H_0 t+H)\frac{d^2y}{dt^2}+2(K_0 t+K)\frac{dy}{dt}+(L_0 t+L)y=0$$

zurück und unterscheide, wie üblich und nothwendig, die drei Fälle, ob die Veränderliche t in allen, oder blos im zweiten und und dritten, oder endlich blos im dritten Coëfficienten vorkommt.

Zu der eben angeführten Gleichung treten daher, als den beiden letzten Fällen entsprechend, noch die folgenden:

$$H\frac{d^2y}{dt^2}+2(K_0 t+K)\frac{dy}{dt}+(L_0 t+L)y=0$$

$$H\frac{d^2y}{dt^2}+\quad 2K\frac{dy}{dt}+(L_0 t+L)y=0$$

hinzu, und sind nun die hier unterschiedenen drei Gleichungen einzeln zu betrachten. Von dem Fall, in welchem keiner der Coëfficienten die Veränderliche t enthält, braucht offenbar die Rede nicht zu sein.

Die drei angeführten Fälle umfassen allerdings nicht alle Combinationen, welche rücksichtlich des Fehlens der Grösse t in den einzelnen Coëfficienten möglich sind; aber es wird sich zeigen, dass auf weitere Unterscheidungen einzugehen nicht nothwendig ist, und die übrigen Fälle mit den drei angegebenen zugleich erledigt werden.

2.

In den folgenden Betrachtungen wird wiederholt von einer Bemerkung Gebrauch gemacht, welche zwar ganz nahe liegt, aber dennoch ausdrücklich hervorzuheben ist.

Wenn c und γ zwei nur durch die Gleichung

$$c\gamma = \lambda_0 + \mu_0\sqrt{-1}$$

bestimmte Grössen sind, ferner

$$X = \lambda + \mu\sqrt{-1}$$

eine gegebene Function von x ist, und dabei λ_0, μ_0, sowie λ, μ reelle Grössen bezeichnen, wovon weder die beiden ersten, noch die beiden letzten gleichzeitig Null sind, so lassen sich stets zwei reelle, von x unabhängige Werthe σ und τ von der Beschaffenheit angeben, dass,

$$\gamma = \sigma + \tau\sqrt{-1}$$

gesetzt, der reelle Theil des Products γX, von Null verschieden, ein gegebenes Zeichen erhält, und der imaginäre Theil von c, gleichgiltig ob positiv oder negativ, ebenfalls von Null verschieden ist. Der Beweis ist sehr einfach. Da nämlich

$$\gamma X = \lambda\sigma - \mu\tau + (\mu\sigma + \lambda\tau)\sqrt{-1}$$

und

$$c = \frac{\lambda_0\sigma + \mu_0\tau}{\sigma^2+\tau^2} + \frac{\mu_0\sigma - \lambda_0\tau}{\sigma^2+\tau^2}\cdot\sqrt{-1},$$

so braucht man, um der Forderung zu genügen, σ und τ, von Null verschieden, nur so zu wählen, dass in den Gleichungen

$$\begin{aligned} \lambda\sigma - \mu\tau &= \Delta \\ \mu_0\sigma - \lambda_0\tau &= \Delta_0 \end{aligned} \qquad \ldots(1)$$

Δ und Δ_0 der Grösse nach gleichgiltige, wenn nur von Null verschiedene Werthe erhalten, und dass das Zeichen von Δ mit dem gegebenen übereinstimmt.

Es ist klar, dass dies immer geschehen kann, selbst wenn nur die Zeichen — nicht auch die Werthe — von λ, μ, λ_0, μ_0 bestimmt sind, und dass es immer hinreicht, für σ und τ die positive oder negative Einheit zu setzen.

3.

Die dritte der am Schluss des Art. 1 zusammengestellten Gleichungen ist die einfachste und mag daher zuerst betrachtet werden.

Da der Allgemeinheit unbeschadet $H=1$ gesetzt werden kann, so hat man es hier mit der Gleichung

$$\frac{d^2y}{dt^2}+2K\cdot\frac{dy}{dt}+(L_0t+L)y=0 \qquad \ldots(1)$$

zu thun, welche sich unter allen Umständen auf die Form:

$$\frac{d^2y}{dt^2}+2k\cdot\frac{dy}{dx}+(l_0x+k^2)y=0 \qquad \ldots(2)$$

bringen lässt.

Um dies zu zeigen, bedarf es nur der einfachen Substitution:

$$L_0t+L=M_0x+M,$$

aus welcher

$$\frac{dy}{dt}=\frac{L_0}{M_0}\cdot\frac{dy}{dx}$$

$$\frac{d^2y}{dt^2}=\left(\frac{L_0}{M_0}\right)^2\cdot\frac{d^2y}{dx^2}$$

und sofort:

$$\frac{d^2y}{dx^2}+2K\cdot\frac{M_0}{L_0}\cdot\frac{dy}{dx}+\left(\frac{M_0^3}{L_0^2}\cdot x+M\cdot\frac{M_0^2}{L_0^2}\right)y=0$$

erhalten wird.

Wenn man nun:

$$K.\frac{M_0}{L_0}=k,\quad \frac{M_0^3}{L_0^2}=l_0,\quad M.\frac{M_0^2}{L_0^2}=k^2$$

der Behauptung entsprechend setzt, so folgt aus diesen Gleichungen:

$$M_0=\frac{k}{K}.L_0,\quad M=K^2,\quad l_0=\frac{k^3}{K^3}.L_0$$

Da hiernach eine der Grössen k, l_0 beliebig angenommen werden kann, so gibt es auch beliebig viele Substitutionen

$$L_0.t+L=\frac{k}{K}L_0.x+K^2,$$

wodurch (1) in die Form (2) übergeht. Damit übrigens der Fall $K=0$ hierbei keine Ausnahme mache, kann $k=K$ gesetzt werden; man hat dann

$$L_0 t+L=L_0x+K^2$$

und

$$\frac{d^2y}{dx^2}+2K.\frac{dy}{dx}+(L_0x+K^2)y=0$$

als transformirte Gleichung. Im Folgenden wird jedoch die in (2) gebrauchte Bezeichnung beibehalten, und, wie sich von selbst versteht, der Fall $l_0=0$ ausgeschlossen werden.

Damit nun die Gleichung

$$\frac{d^2y}{dx^2}+p\frac{dy}{dx}+qy=0$$

mit (2) zusammenfalle, ist erforderlich, dass

$$p=2k,\quad q=l_0x+k^2$$

werde, und dies ist in Gemässheit der Gleichungen (4) des Art. 1 der Fall, wenn man $n=\frac{3}{2}$ und zugleich

$$\frac{3}{2}(\alpha+\beta-1)--2m+1=0,\quad c\gamma+2b=0,\quad a=-k,$$

$$[\frac{3}{2}(1-\alpha-\beta)+m]m=0, \quad b(\alpha+\beta)+\alpha c\gamma=0,$$

$$\frac{9}{4}b(c\gamma+b)=l_0$$

setzt. Die vierte dieser Gleichungen gestattet in Bezug auf m zwei Auflösungen.

Eine dieser ist $m=0$, und ihr entsprechend erhält man aus den übrigen Gleichungen nach einander:

$$\alpha=\beta=\frac{1}{6}, \quad c\gamma=\frac{4}{3}\sqrt{-l_0}, \quad b=-\frac{2}{3}\sqrt{-l_0}.$$

Als zweite Auflösung hat man

$$\frac{3}{2}(1-\alpha-\beta)+m=0,$$

wofür aus den übrigen Bedingungsgleichungen

$$\alpha_1=\beta_1=\frac{5}{6}, \quad c_1\gamma_1=\frac{4}{3}\sqrt{-l_0}, \quad b_1=-\frac{2}{3}\sqrt{-l_0}, \quad m_1=1$$

folgt. Wie man sieht, ist:

$$\alpha_1=\beta_1=1-\alpha=1-\beta, \quad c_1\gamma_1=c\gamma, \quad b_1=b$$

und ergeben sich daher die beiden Integrale

$$e^{-kx-\frac{2}{3}x^{\frac{3}{2}}\sqrt{-l_0}}\int_{u_0}^{u_1} e^{\gamma x^{\frac{3}{2}}\cdot u}\cdot[u(c-u)]^{-\frac{5}{6}}du \quad \ldots(A)$$

$$xe^{-kx-\frac{2}{3}x^{\frac{3}{2}}\sqrt{-l_0}}\int_{u_0}^{u_1} e^{\gamma x^{\frac{3}{2}}\cdot u}\cdot[u(c-u)]^{-\frac{1}{6}}du \quad \ldots(B)$$

jedes mit der Bedingung

$$c\gamma=\frac{3}{4}\sqrt{-l_0}.$$

Man kann in diesen Integralen $u_0=0$, $u_1=\infty$ setzen, wenn c und γ jener Bedingung entsprechend so bestimmt wer-

den, dass der reelle Theil von $\gamma x^{\frac{3}{2}}$ negativ ist. Um dies zu bewirken, hat man in den Gleichungen des vorigen Art.

$$X = x^{\frac{3}{2}} = \lambda + \mu\sqrt{-1}$$

$$c\gamma = \frac{4}{3}\sqrt{-l_0} = \lambda_0 + \mu_0\sqrt{-1}$$

$$\gamma = \sigma + \tau\sqrt{-1}$$

zu setzen und die Zahlen σ und τ so zu wählen, dass

$$\lambda\sigma - \mu\tau = \Delta \text{ negativ}$$

wird, wobei es im Übrigen weder auf das Zeichen noch auf den Werth von Δ_0, der hier auch Null sein darf, ankommt, da weder $(c-u)^{-\frac{5}{6}}$ noch $(c-u)^{-\frac{1}{6}}$ als Factoren unter den Integralzeichen das Unendlichwerden des Integrals herbeiführen können.

Dies vorausgesetzt, verschwindet offenbar auch die rechte Seite der Gleichung (2) des Art. 1 und erhält man die beiden particulären Integrale:

$$y_1 = e^{-kx - \frac{2}{3}x^{\frac{3}{2}}\sqrt{-l_0}} \int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})x^{\frac{3}{2}}\cdot u} \left[u\left(\frac{\lambda_0+\mu_0\sqrt{-1}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}} - u\right)\right]^{-\frac{5}{6}} du$$

$$y_2 = xe^{-kx - \frac{2}{3}x^{\frac{3}{2}}\sqrt{-l_0}} \int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})x^{\frac{3}{2}}\cdot u} \left[u\left(\frac{\lambda_0+\mu_0\sqrt{-1}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}} - u\right)\right]^{-\frac{1}{6}} du \quad \ldots(I)$$

welche, wenn σ und τ in der bezeichneten Weise gewählt sind, endliche Werthe darstellen und der Gleichung (2) genügen.

Diesen nothwendigen Forderungen wird aber auch entsprochen, wenn man die unbestimmte Gleichung für $c\gamma$ durch die Werthe

$$c = 1 \quad \text{und} \quad \gamma = \frac{4}{3}\sqrt{-l_0}$$

auflöst, dabei aber $u_0 = 0$, $u_1 = 1$ setzt. Die Integrale erscheinen dann in etwas einfacherer Form und sind:

$$y_1 = e^{-kx-\frac{2}{3}x^{\frac{3}{2}}\sqrt{-l_0}} \int_0^1 e^{\frac{4}{3}x^{\frac{3}{2}}\sqrt{-l_0}\cdot u} [u(1-u)]^{-\frac{5}{6}} du$$

$$y_2 = xe^{-kx-\frac{2}{3}x^{\frac{3}{2}}\sqrt{-l_0}} \int_0^1 e^{\frac{4}{3}x^{\frac{3}{2}}\sqrt{-l_0}\cdot u} [u(1-u)]^{-\frac{1}{6}} du$$

Diese beiden letzteren Integrale sind nicht neu, und, so viel mir bekannt, zuerst von Herrn Petzval auf anderm Wege und in anderer Form gefunden worden.

Sowohl aus dem ersten als dem zweiten Paar particulärer Integrale findet man

$$y = C_1 y_1 + C_2 y_2$$

als das allgemeine Integral der Differentialgleichung (2).

4.

Die zweite der am Schlusse des Art. 1 angegebenen Differentialgleichungen ist die folgende:

$$H \cdot \frac{d^2y}{dt^2} + 2(K_0 t + K) \cdot \frac{dy}{dt} + (L_0 t + L) y = 0$$

Es versteht sich von selbst, dass darin H als von Null verschieden vorauszusetzen ist, weil sonst die Gleichung nur von der ersten Ordnung wäre. Man kann daher auch, ohne der Allgemeinheit zu schaden, $H = 1$ setzen, so dass es sich nunmehr um die Integration der Gleichung

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 2(K_0 t + K) \cdot \frac{dy}{dt} + (L_0 t + L) y = 0. \qquad \ldots(1)$$

handelt, welche unter allen Umständen in die Form

$$\frac{dy^2}{dx^2} + 2(k_0 x + k) \cdot \frac{dy}{dx} + (2k_0 kx + l) y = 0 \qquad \ldots(2)$$

gebracht werden kann. Es bedarf auch hier wieder nur der linearen Substitution:

$$K_0 . t + K = M_0 . x + M,$$

aus welcher

$$\frac{dy}{dt} = \frac{K_0}{M_0} \frac{dy}{dx}, \quad \frac{d^2y}{dt^2} = \left(\frac{K_0}{M_0}\right)^2 \cdot \frac{d^2y}{dx^2}$$

ferner

$$t = \frac{M_0}{K_0} x + \frac{M - K}{K_0}$$

folgt.

Man findet nun zunächst die Gleichung:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + 2(M_0 x + M) \frac{M_0}{K_0} \cdot \frac{dy}{dx}$$

$$+ \left[L_0 \frac{M_0}{K_0} . x + L_0 \frac{M - K}{K_0} + L \right] \left(\frac{M_0}{K_0}\right)^2 . y = 0$$

und damit diese die Form (2) erhält, muss offenbar:

$$L_0 \left(\frac{M_0}{K_0}\right)^3 = 2 M_0 M \left(\frac{M_0}{K_0}\right)^2$$

oder also

$$M = \frac{L_0}{2K_0}$$

gesetzt werden. Da eine andere Bedingung nicht zu erfüllen ist, so bleibt M_0 willkürlich; man kann der Einfachheit wegen

$$M_0 = K_0$$

setzen und findet dann die Gleichung:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + 2\left(K_0 \cdot x + \frac{L_0}{2K_0}\right)\frac{dy}{dx} + \left[L_0 \cdot x + \frac{1}{2}\left(\frac{L_0}{K_0}\right)^2 - K . \frac{L_0}{K_0} + L \right] y = 0,$$

welche daher aus (1) mittelst der Substitution:

$$K_0 . t + K = K_0 . x + \frac{L_0}{2K_0}$$

erhalten wird. In der Gleichung (2) ist, wie man sieht:

$$k_0 = K_0, \quad k = \frac{L_0}{2K_0}, \quad \text{also} \quad 2k_0k = L_0$$

und ferner:

$$l = \frac{1}{2}\left(\frac{L_0}{K_0}\right)^2 - K.\frac{L_0}{K_0} + L$$

zu setzen. Die Grössen k_0, k, l haben durchaus bestimmte, endliche Werthe; dies wäre nur dann nicht der Fall, wenn K_0 Null werden könnte, was aber unmöglich ist, wenn man nicht wieder auf die schon im vorigen Art. erörterte Differentialgleichung zurückkommen will.

Damit nun die Gleichung (2), welche dem Folgenden zu Grund gelegt wird, mit

$$\frac{d^2y}{dx^2} + p\frac{dy}{dx} + qy = 0$$

zusammenfalle, ist erforderlich, dass

$$p = 2(k_0x + k), \quad q = 2k_0kx + l$$

werde, und dies ist vermöge der Gleichungen (4) des Art. 1 der Fall, wenn man $n = 2$ und zugleich:

$$2(\alpha+\beta-1) - 2m + 1 = 0, \quad c\gamma + 2b = -k_0, \quad a = -k$$

$$[2(1-\alpha-\beta)+m].m = 0, \quad a^2 - 2[mk_0 + 2b(\alpha+\beta) + 2\alpha c\gamma] = l$$

$$b(c\gamma + b) = 0$$

setzt. Auch hier lässt die vierte dieser Gleichungen hinsichtlich m zwei Auflösungen zu.

Die eine derselben gibt $m = 0$ und für diese erhält man aus den übrigen Gleichungen die Werthe:

$$\alpha = \frac{k^2 - l}{4k_0} + \frac{1}{2}, \quad \beta = -\frac{k^2 - l}{4k_0}, \quad c\gamma = +k_0, \quad b = -k_0.$$

Als zweite Auflösung hat man

$$m = 2(\alpha + \beta - 1)$$

und erhält aus den übrigen Bedingungsgleichungen das weitere System von Werthen:

$$\alpha_1 = \frac{k^2 - l}{4k_0} + 1, \quad \beta_1 = -\frac{k^2 - l}{4k_0} + \frac{1}{2}$$

$$c_1\gamma_1 = +k_0, \quad b_1 = -k_0, \quad m_1 = 1.$$

Wie man sieht, ist

$$\alpha_1 = \alpha + \frac{1}{2} = 1 - \beta$$

$$\beta_1 = \beta + \frac{1}{2} = 1 - \alpha$$

und

$$\alpha + \beta = \frac{1}{2}, \quad \alpha_1 + \beta_1 = \frac{3}{2}, \quad c\gamma = c_1\gamma_1 = k_0$$

Es können daher die reellen Theile von α und β, wie auch jene von α_1 und β_1 gleichzeitig weder negativ noch Null sein.

Die aus den vorigen Bestimmungen sich ergebenden, wesentlich verschiedenen Integrale der Gleichung (2) sind nun die folgenden:

$$e^{-kx-k_0x^2}\int_{u_0}^{u_1} e^{\gamma x^2 u} u^{\alpha-1} (c-u)^{\beta-1}\, du \qquad \ldots(A)$$

$$xe^{-kx-k_0x^2}\int_{u_0}^{u_1} e^{\gamma x^2 u} u^{\alpha-\frac{1}{2}} (c-u)^{\beta-\frac{1}{2}}\, du \qquad \ldots(B)$$

beide mit der Bedingung, dass $c\gamma = k_0$ sei.

Es handelt sich jetzt nur noch darum, die Grenzen u_0, u_1 so zu bestimmen, dass jedesmal die rechte Seite der Gleichung (2) des Art. 1 an beiden Grenzen verschwindet, womit dann von selbst die Integrale (A) und (B) endliche Grössen werden.

Da, wie bemerkt, die reellen Theile von α und β nicht gleichzeitig negativ sein können, so lassen sich alle rücksichtlich der Zeichen jener Grössen möglichen Fälle darin zusammen-

fassen, dass man annimmt, es sei der reelle Theil wenigstens einer derselben positiv.

1. Angenommen, der reelle Theil von α sei positiv, jener von β aber irgendwie beschaffen. Dann verschwindet u^α für $u=0$, und es kann daher $u_0=0$ gesetzt werden; damit ferner $(c-u)^\beta$ für keinen reellen Werth von u unendlich werden könne, genügt es, c gemäss der Gleichung $c\gamma=k_0$ so zu bestimmen, dass sein imaginärer Theil von Null verschieden ist. Setzt man daher in den Formeln des Art. 2

$$X=x^2=\lambda+\mu\sqrt{-1}$$

$$c\gamma=k_0=\lambda_0+\mu_0\sqrt{-1}$$

$$\gamma=\sigma+\tau\sqrt{-1}$$

und ermittelt σ und τ, von Null verschieden und von den Zahlenwerthen der Grössen x^2, k_0 unabhängig, derart, dass der reelle Theil von γx^2 negativ, und der imaginäre Theil von

$$c=\frac{k_0}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}$$

nicht Null wird, dass daher

$$\lambda\sigma-\mu\tau=\Delta \text{ negativ},$$

$$\mu_0\sigma-\lambda_0\tau=\Delta_0 \text{ von Null verschieden},$$

so kann man $u_1=\infty$ setzen: dann haben beide Integrale endliche Werthe und es verschwindet für jedes das zweite Glied der Gleichung (2) des Art. 1 an den beiden Grenzen, wie es sein soll. Man hat daher aus (A) und (B) die beiden Integrale

$$y_1=e^{-kx-k_0x^2}\int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})x^2u}\cdot u^{\alpha-1}\left(\frac{k_0}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}-u\right)^{\beta-1}du$$

$$y_2=xe^{-kx-k_0x^2}\int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})x^2u}\cdot u^{\alpha-\frac{1}{2}}\left(\frac{k_0}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}-u\right)^{\beta-\frac{1}{2}}du \qquad \ldots(\text{I})$$

welche gelten, wenn der reelle Theil von α positiv, jener von β aber entweder positiv oder negativ ist.

2. Angenommen, es sei der reelle Theil von β positiv, während jener von α entweder positiv oder negativ ist. Man setze in den Formeln (A) und (B):

$$c-u \text{ für } u,$$

so entstehen, abgesehen vom Zeichen, die folgenden:

$$e^{-kx}\int_{u_0}^{u_1} e^{-\gamma x^2 u}.u^{\beta-1}\,(c-u)^{\alpha-1}\,du \qquad \ldots(C)$$

$$xe^{-kx}\int_{u_0}^{u_1} e^{-\gamma x^2 u}.u^{\beta-\frac{1}{2}}(c-u)^{\alpha-\frac{1}{2}}du \qquad \ldots(D)$$

Hier nun verschwindet u^β für $u=0$, also auch das zweite Glied der Gleichung (2) des Art. 1 für $u_0=0$. Bestimmt man wieder σ und τ dergestalt, dass Δ positiv und Δ_0 von Null verschieden wird, was schon geschieht, wenn man genau die vorhin gefundenen Werthe von σ und τ mit entgegesetzten Zeichen einführt, also

$$\gamma=-(\sigma+\tau\sqrt{-1}),\quad c=-\frac{k_0}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}$$

setzt, so verschwindet für $u_1=\infty$ das vorhin bezeichnete Glied wieder an den beiden Grenzen und behalten die Integrale (C) und (D) endliche Werthe. Diese sind:

$$y_1=e^{-kx}\int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})x^2u}.u^{\beta-1}\left(-\frac{k_0}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}+u\right)^{\alpha-1}du$$

$$y_2=xe^{-kx}\int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})x^2u}.u^{\beta-\frac{1}{2}}\left(\frac{k_0}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}+u\right)^{\alpha-\frac{1}{2}}du \qquad \ldots(II)$$

und gelten, wenn der reelle Theil von β positiv ist, unabhängig von dem Zeichen des reellen Theiles von α.

Die Formeln (I) und (II) umfassen alle möglichen Fälle, welche bei der Integration der Gleichung (2) stattfinden können, namentlich sind auch jene in ihnen begriffen, in welchen der

reelle Theil von α oder jener von β Null ist, oder die reellen Theile von α und β gleichzeitig positiv sind.

Übrigens lassen sich für den letztern dieser speciellen Fälle auch zwei andere Integrale angeben, bei welchen die oberen Grenzen nicht ∞, sondern 1 sind, und daher die Bestimmung von σ und τ entbehrlich ist. Man kann in diesem Falle die unbestimmte Gleichung $c\gamma = k_0$ einfach durch die Werthe $c = 1$, $\gamma = k_0$ auflösen, und erhält aus (A) und (B) die folgenden, in etwas anderer Form längst bekannten Integrale:

$$y_1 = e^{-kx-k_0x^2}\int_0^1 e^{k_0x^2u}.u^{\alpha-1}\,(1-u)^{\beta-1}\,du$$

$$y_2 = xe^{-kx-k_0x^2}\int_0^1 e^{k_0x^2u}.u^{\alpha-\frac{1}{2}}(1-u^{\beta-\frac{1}{2}}du$$

Die Integrale in (I) und (II) aber gelten in allen Fällen und liefern die umfassendste Lösung der Aufgabe (Art. 7).

Um eine Anwendung jener Formeln beizufügen, nehme man an, es sei sowohl x als k_0 reell.

Dann ist

$$\lambda = x^2 \text{ positiv},\ \mu = 0,\ \text{ferner}\ \lambda_0 = k_0,\ \mu_0 = 0.$$

Die Zahlen σ und τ sind daher so zu wählen, dass

$$x^2\sigma = \Delta \text{ negativ},\quad -k_0\tau = \Delta_0 \text{ von Null verschieden}$$

wird, was der Fall ist, wenn man $\sigma = -1$ und $\tau = -1$ setzt.

Ist daher der reelle Theil von α positiv, jener von β aber beliebigen Zeichens, so entsprechen der Gleichung (2) die Integrale:

$$y_1 = e^{-kx-k_0x^2}\int_0^\infty e^{-(1+\sqrt{-1})x^2u}.u^{\alpha-1}\left(\frac{k_0}{1+\sqrt{-1}}+u\right)^{\beta-1}du$$

$$y_2 = xe^{-kx-k_0x^2}\int_0^\infty e^{-(1+\sqrt{-1})x^2u}.u^{\alpha-\frac{1}{2}}\left(\frac{k_0}{1+\sqrt{-1}}+u\right)^{\beta-\frac{1}{2}}du$$

Ist dagegen der reelle Theil von β positiv, und jener von α von beliebigem Zeichen, so erhält man aus (II) die Integrale:

$$y_1 = e^{-kx}\int_0^\infty e^{-(1+\sqrt{-1})x^2u}\,.\,u^{\beta-1}\left(\frac{k_0}{1+\sqrt{-1}}-u\right)^{\alpha-1}du$$

$$y_2 = xe^{-kx}\int_0^\infty e^{-(1+\sqrt{-1})x^2u}\,.\,u^{\beta-\frac{1}{2}}\left(\frac{k_0}{+\sqrt{-1}}-u\right)^{\alpha-\frac{1}{2}}du$$

Es versteht sich von selbst, dass, wenn k_0 positiv ist, in dem erstern Paar dieser Gleichungen der Einfachheit wegen $\tau = 0$, also

$$y_1 = e^{-kx-k_0x^2}\int_0^\infty e^{-x^2u}u^{\alpha-1}\,(k_0+u)^{\beta-1}\,du$$

$$y_2 = xe^{-kx-k_0x^2}\int_0^\infty e^{-x^2u}u^{\alpha-\frac{1}{2}}(k_0+u)^{\beta-\frac{1}{2}}du$$

gesetzt werden kann, da τ nur den Zweck hat, das Unendlichwerden des betreffenden zu negativen Potenzen erhobenen Factors zu verhindern. Offenbar haben die beiden Integrale endliche Werthe, auch wenn β negativ ist. Bei den später folgenden Formeln gilt eine ähnliche Bemerkung, welche daher nicht jedesmal wiederholt zu werden braucht.

Ist z. B. die Gleichung:

$$\frac{dy^2}{dt^2}+(t+6)\frac{dy}{dt}+(2t+2)y=0$$

gegeben, und wird $t=x-2$ gesetzt, so findet man:

$$y_1 = e^{-2x-\frac{1}{2}x^2}\int_0^\infty e^{-x^2u}u^{\frac{5}{2}}(2u+1)^{-4}\,du$$

$$y_2 = xe^{-2x-\frac{1}{2}x^2}\int_0^\infty e^{-x^2u}u^{3}\,(2u+1)^{-\frac{7}{2}}du$$

5.

Von den am Schlusse des Art. 1 unterschiedenen Differentialgleichungen ist noch die folgende:

$$(H_0t+H)\frac{d^2y}{dt^2}+2(K_0t+K)\frac{dy}{dt}+(L_0t+L)y=0 \quad \ldots(1)$$

worin H_0 nicht Null ist, zu betrachten. Diese Gleichung lässt sich immer in die Form:

$$x\cdot\frac{d^2y}{dx^2}+2(k_0x+k)\frac{dy}{dx}+(l_0x+l)y=0 \quad \ldots(2)$$

mittelst der Substitution:

$$H_0t+H=H_0x$$

bringen, wenn:

$$k_0=\frac{K_0}{H_0}, \quad k=\frac{H_0K-K_0H}{H_0^2}$$

$$l_0=\frac{L_0}{H_0}, \quad l=\frac{H_0L-L_0H}{H_0^2}$$

gesetzt wird.

Damit nun wieder die Gleichung

$$\frac{d^2y}{dx^2}+p\frac{dy}{dx}+qy=0$$

mit (2) zusammenfalle, ist zunächst erforderlich, dass

$$p=2k_0+\frac{2k}{x}, \quad q=l_0+\frac{l}{x}$$

sei, und dies ist, wenn man auf die Gleichungen (4) des Art. 1 zurückgeht, der Fall, wenn darin $n=1$, und, was ohne der Allgemeinheit zu schaden, geschehen kann, zugleich auch $b=0$, dann ausserdem:

$$\alpha+\beta-2m=2k, \quad c\gamma+2a=-2k_0$$

$$(1-\alpha-\beta+m)m=0, \quad -a(\alpha+\beta-2m)+m-\alpha)c\gamma=l$$

$$a^2 + ac\gamma = l_0$$

gesetzt wird.

Die dritte dieser Gleichungen lässt wieder zwei Auflösungen zu. Für die eine ist $m=0$, und dieser entsprechen, aus den übrigen Gleichungen berechnet, die Werthe:

$$\alpha = k + \frac{2k_0k-l}{2\sqrt{k_0^2-l_0}}, \quad \beta = k - \frac{2k_0k-l}{2\sqrt{k_0^2-l_0}}$$

$$c\gamma = 2\sqrt{k_0^2-l_0}, \quad a = -k_0 - \sqrt{k_0^2-l_0}$$

Der zweiten Auflösung: $m=\alpha+\beta-1$ entsprechen dagegen die Werthe:

$$\alpha_1 = 1-k+\frac{2k_0k-l}{2\sqrt{k_0^2-l_0}}, \quad \beta_1 = 1-k-\frac{2k_0k-l}{2\sqrt{k_0^2-l_0}}$$

$$c_1\gamma_1 = 2\sqrt{k_0^2-l_0}, \quad a_1 = -k_0-\sqrt{k_0^2-l_0}, \quad m_1 = 1-2k.$$

Offenbar liessen sich die Zeichen der in diesen Ausdrücken vorkommenden Quadratwurzel auch anders combiniren, aber es würden daraus keine Formen der Integrale hervorgehen, die man nicht unmittelbar dadurch erhält, dass man, was später geschehen wird, $c-u$ für u setzt.

Wie man sieht, ist:

$$\alpha_1 = 1-\beta, \quad \beta_1 = 1-\alpha$$

$$c_1\gamma_1 = c\gamma, \quad a_1 = a,$$

und sind vermöge dieser Relationen die zwei folgenden Integrale der Gleichung (2) gefunden:

$$e^{-(k_0+\sqrt{k_0^2-l_0})x}\int_{u_0}^{u_1} e^{\gamma x u}u^{\alpha-1}(c-u)^{\beta-1}du \qquad \ldots(A)$$

$$x^{1-2k}e^{-(k_0+\sqrt{k_0^2-l_0})x}\int_{u_0}^{u_1} e^{\gamma x u}u^{-\beta}(c-u)^{-\alpha}du \qquad \ldots(B)$$

Daraus ergeben sich zwei andere Formen, wenn man, wie bemerkt, $c-u$ für u setzt, nämlich:

$$e^{-(k_0-\sqrt{k_0^2-l_0})x}\int_{u_0}^{u_1} e^{-\gamma x u}u^{\beta-1}(c-u)^{\alpha-1}du \qquad \ldots(C)$$

$$x^{1-\alpha-\beta}e^{-(k_0-\sqrt{k_0^2-l_0})x}\int_{u_0}^{u_1} e^{-\gamma x u}u^{-\alpha}(c-u)^{-\beta}\,du \qquad \ldots(D)$$

Diesen vier Gleichungen liegt die Bedingung zu Grunde, dass

$$c\gamma = 2\sqrt{k_0^2-l_0}$$

sei. Dass in ihnen die Grenzen, welche nicht nothwendig bei allen Integralen dieselben sind, mit denselben Buchstaben u_0, u_1 bezeichnet wurden, konnte um so eher geschehen, als sie, wie man sehen wird, in der That durchgehend 0 und ∞ sind. Da in den Ausdrücken für α und β Brüche vorkommen, so wird, um jede Unbestimmtheit auszuschliessen, zunächst angenommen, es sei $k_0^2-l_0$ von Null verschieden.

Dies vorausgesetzt, sind nun vor Allem die beiden Fälle getrennt zu betrachten, in welchen die reellen Theile von α und β von gleichem oder von entgegengesetztem Zeichen sind, und diese zwei Fälle machen im Ganzen vier Unterscheidungen nöthig.

1. Angenommen, es seien die reellen Theile von α und β positiv.

In den Gleichungen des Art. 2 setze man:

$$X = x = \lambda + \mu\sqrt{-1}$$

$$c\gamma = 2\sqrt{k_0^2-l_0} = \lambda_0 + \mu_0\sqrt{-1}$$

$$\gamma = \sigma + \tau\sqrt{-1}$$

und wähle die Zahlen σ und τ in der Weise, dass

$$\begin{aligned} &\lambda\sigma - \mu\tau = \Delta \text{ negativ} \\ &\mu_0\sigma - \lambda_0\tau = \Delta_0 \text{ von Null verschieden} \end{aligned} \qquad \ldots(3)$$

wird; dann wird (A) für $u_0 = 0$, $u_1 = \infty$ einen endlichen Werth haben, und das zweite Glied der Gleichung (2) des Art. 1 an beiden Grenzen verschwinden; man hat dabei

$$c = \frac{2\sqrt{k_0^2 - l_0}}{\sigma + \tau\sqrt{-1}}$$

Dasselbe wird bei (C) für $u_0 = 0$, $u_1 = \infty$ der Fall sein, wenn Δ positiv ist, oder also die vorhin bestimmten Werthe von σ und τ mit entgegengesetzten Zeichen eingeführt, also

$$\gamma = -(\sigma + \tau\sqrt{-1}) \quad \text{und} \quad c = -\frac{2\sqrt{k_0^2 - l_0}}{\sigma + \tau\sqrt{-1}},$$

gesetzt werden. Es sind daher

$$y_1 = e^{-(k_0 + \sqrt{k_0^2 - l_0})x} \int_0^\infty e^{(\sigma + \tau\sqrt{-1})xu} \cdot u^{\alpha-1} \left(\frac{2\sqrt{k_0^2 - l_0}}{\sigma + \tau\sqrt{-1}} - u\right)^{\beta-1} du$$

$$y_2 = e^{-(k_0 - \sqrt{k_0^2 - l_0})x} \int_0^\infty e^{(\sigma + \tau\sqrt{-1})xu} \cdot u^{\beta-1} \left(\frac{2\sqrt{k_0^2 - l_0}}{\sigma + \tau\sqrt{-1}} + u\right)^{\alpha-1} du \quad \ldots(I)$$

zwei von einander wesentlich verschiedene Integrale der Gleichung (2) unter der Voraussetzung, dass die reellen Theile von α und β positiv seien.

Gelegentlich sei bemerkt, dass, wenn es sich blos um ein particuläres Integral von der Allgemeinheit der beiden vorstehenden handelte, ein solches ebenfalls aus (A) erhalten werden kann, worin die obere Grenze nicht ∞, sondern 1, und die Bestimmung der Zahlen σ und τ nicht nöthig ist. Man braucht zu dem Ende die unbestimmte Gleichung $c\gamma = 2\sqrt{k_0^2 - l_0}$ nur durch die Werthe $c = 1$, $\gamma = 2\sqrt{k_0^2 - l_0}$ aufzulösen, und erhält das Integral

$$y_3 = e^{-(k_0 + \sqrt{k_0^2 - l_0})x} \int_0^1 e^{2\sqrt{k_0^2 - l_0} \cdot xu} \cdot u^{\alpha-1}(1-u)^{\beta-1} du$$

welches übrigens, wenn auch in etwas anderer Form, schon lange bekannt ist. Aber abgesehen davon, dass ein zweites In-

tegral mit denselben Grenzen nicht existirt, liefert y_3, wenn sich die Quadratur wirklich ausführen lässt, meist eine lineare Verbindung von y_1 und y_2, und sind daher die beiden letzteren Integrale, wie sie aus (I) erhalten werden, als die einfacheren in der Regel vorzuziehen.

Ist z. B. x reell und positiv, so hat man:

$$\lambda = x, \quad \mu = 0, \quad \lambda_0 = +2\sqrt{k_0^2 - l_0}, \quad \mu_0 = 0,$$

und aus (3) folgt daher $\sigma = -1$; wird auch $\tau = -1$ gesetzt, so ergeben sich für diesen Fall aus (I) die beiden folgenden Lösungen der Gleichung (2):

$$y_1 = e^{-(k_0+\sqrt{k_0^2-l_0})x} \int_0^\infty e^{-(1+\sqrt{-1})xu} \cdot u^{\alpha-1} \left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{1+\sqrt{-1}} + u\right)^{\beta-1} du$$

$$y_2 = e^{-(k_0-\sqrt{k_0^2-l_0})x} \int_0^\infty e^{-(1+\sqrt{-1})xu} \cdot u^{\beta-1} \left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{1+\sqrt{-1}} - u\right)^{\alpha-1} du$$

und ganz analoge Formeln ergeben sich, wenn x reell aber negativ vorausgesetzt wird, weil hier $\sigma = +1$ und etwa $\tau = +1$ zu setzen ist.

2. Man nehme jetzt an, es seien die reellen Theile von α und β negativ.

Werden wieder die früheren, der Bedingung (3) genügenden Werthe von σ und τ in (B) und $u_0 = 0$, $u_1 = \infty$ gesetzt, so hat jenes Integral einen endlichen Werth und verschwindet das zweite Glied der Gleichung (2) des Art. 1. Dasselbe ist bei (D) der Fall, wenn Δ positiv ist, oder also die bezeichneten Werthe von σ und τ mit entgegengesetzten Zeichen eingeführt, oder auch, was das Nämliche ist, wenn

$$\gamma = -(\sigma + \tau\sqrt{-1}) \quad \text{und} \quad c = -\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}$$

gesetzt werden. Daher sind:

$$y_1 = x^{1-2k} e^{-(k_0+\sqrt{k_0^2-l_0})x} \int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})xu} \cdot u^{-\beta} \left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}} - u\right)^{-\alpha} du$$

...(II)

$$y_2 = x^{1-2k} e^{-(k_0-\sqrt{k_0^2-l_0})x} \int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})xu} \cdot u^{-\alpha} \left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}} + u\right)^{-\beta} du$$

zwei, wie man sieht, von einander verschiedene, allen Bedingungen entsprechende Integrale der Gleichung (2), wenn die reellen Theile von α und β negativ sind.

Die noch zu betrachtenden Fälle, in welchen die reellen Theile von α und β entgegengesetzte Zeichen haben, lassen sich nun sofort erledigen.

3. Es sei der reelle Theil von α positiv, jener von β dagegen negativ.

Hier leisten die Ausdrücke y_1 der Gleichungen (I) und (II) allen Anforderungen Genüge, und man hat also die beiden Integrale:

$$y_1 = e^{-(k_0+\sqrt{k_0^2-l_0})x} \int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})xu} \cdot u^{\alpha-1} \left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}} - u\right)^{\beta-1} du$$

...(III)

$$y_2 = x^{1-2k} e^{-(k_0+\sqrt{k_0^2-l_0})x} \int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})xu} \cdot u^{-\beta} \left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}} - u\right)^{-\alpha} du$$

welche immer von einander verschieden sind, wenn $1-2k$ nicht Null ist.

Nur in dem sehr speciellen Fall, wenn $1-2k$ verschwindet, oder also $k = \frac{1}{2}$ ist, fallen sie mit einander zusammen. Denn aus der Gleichung

$$\alpha+\beta = 2k$$

folgt für $k = \frac{1}{2}$

$$-\beta = \alpha-1 \quad \text{und} \quad -\alpha = \beta-1$$

und es werden daher die correspondirenden Exponenten unter den Integralzeichen einander gleich. Gleichwohl kann man nach

einem bekannten, schon von Euler in den Instit. calc. integr. (z. B. Vol. II, art. 847) vielfach benutzten Verfahren aus y_2 ein von y_1 verschiedenes Integral finden. Setzt man nämlich

$$1-2k=\omega,$$

also

$$-\beta=\alpha-1+\omega, \quad -\alpha=\beta-1+\omega,$$

und zur Abkürzung:

$$xu\left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}-u\right)=z$$

so hat man:

$$y_2=e^{-(k_0+\sqrt{k_0^2-l_0})x}\int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})xu}.u^{\alpha-1}\left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}-u\right)^{\beta-1}.z^\omega du$$

und da $z^\omega=1+\omega\log z+\ldots$, so kann man den Ausdruck rechter Hand in zwei Theile zerlegen, wovon der erste von ω frei ist und mit y_1 übereinstimmt. Nun leisten y_1 und y_2 der Differentialgleichung Genüge, folglich ist auch der zweite Theil, welcher in einer nach Potenzen von ω fortschreitenden Reihe besteht, ein Integral jener Gleichung und bleibt ein solches, auch wenn man ihn mit $\frac{1}{\omega}$ multiplicirt, wodurch sein erstes Glied von ω frei wird. Lässt man daher ω in Null übergehen, so verschwinden alle übrigen Glieder und man erhält den Ausdruck:

$$y_{(2)}=e^{-(k_0+\sqrt{k_0^2-l_0})x}\int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})xu}.u^{\alpha-1}\left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}-u\right)^{\beta-1}$$
$$\times\log\left[xu\left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}-u\right)\right]du$$

welcher, wie y_1, ein Integral der Gleichung (2) ist.

Es braucht kaum bemerkt zu werden, dass σ und τ auch hier den Bedingungen (3) entsprechen müssen, also die bisher vorausgesetzten Zahlenwerthe haben können.

4. Der reelle Theil von α sei negativ, jener von β positiv.

In diesem Fall bilden die Ausdrücke y_2 der Gleichungen (I) und (II) die beiden der Differentialgleichung entsprechenden Lösungen, welche daher:

$$y_1 = e^{-(k_0-\sqrt{k_0^2-l_0})x}\int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})xu}\cdot u^{\beta-1}\left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}+u\right)^{\alpha-1}du$$

$$y_2 = x^{1-2k}e^{-(k_0-\sqrt{k_0^2-l_0})x}\int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})xu}\cdot u^{-\alpha}\left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}+u\right)^{-\beta}du \qquad \ldots(IV)$$

sind, worin σ, τ die bisherige Bedeutung haben.

So lange $1-2k$ nicht Null, sind diese Integrale unter sich verschieden. Für $k=\frac{1}{2}$ aber tritt ein analoger Ausnahmefall wie vorhin ein, für welchen man übrigens aus y_2 auf dieselbe Weise ein von y_1 verschiedenes Integral finden kann. Dieses ist:

$$y_{(2)} = e^{-(k_0-\sqrt{k_0^2-l_0})x}\int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})xu}\cdot u^{\beta-1}\left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}+u\right)^{\alpha-1}$$
$$\times\log\left[xu\left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}+u\right)\right]du$$

In den beiden für $y_{(2)}$ angegebenen Integralen hat man:

$$\alpha=\frac{1}{2}+\frac{k_0-l}{2\sqrt{k_0^2-l_0}}, \quad \beta=\frac{1}{2}-\frac{k_0-l}{2\sqrt{k_0^2-l_0}}$$

zu setzen.

6.

Der im vorigen Art. ausgeschlossene Fall

$$k_0^2-l_0=0$$

ist von besonderer Art und muss für sich betrachtet werden. Er findet statt, wenn die Coëfficienten von t der Gleichung

$$(H_0t+H)\frac{d^2y}{dt^2}+2(K_0t+K)\frac{dy}{dt}+(L_0t+L)y=0 \qquad \ldots(1)$$

der Bedingung

$$H_0 L_0 - K_0^2 = 0$$

entsprechen, und also mittelst der Substitution:

$$H_0 t + H = H_0 x$$

aus (1) die Gleichung:

$$x\frac{d^2y}{dx^2} + 2(k_0 x + k)\frac{dy}{dx} + (k_0^2 x + l)y = 0 \qquad \ldots(2)$$

erhalten wird. Soll nun diese Gleichung mit der frühern

$$\frac{d^2y}{dx^2} + p\frac{dy}{dx} + qy = 0$$

identisch werden, so muss

$$p = 2k_0 + \frac{2k}{x}, \qquad q = k_0^2 + \frac{l}{x}$$

sein, und dieser Forderung wird mit Rücksicht auf die Gleichungen (4) des Art. 1 entsprochen, wenn man $n = \frac{1}{2}$ und zugleich

$$\frac{1}{2}(\alpha + \beta) - 2m + \frac{1}{2} = 2k, \quad c\gamma + 2b = 0, \quad a = -k_0$$

$$\left[\frac{1}{2}(1 - \alpha - \beta) + m\right]m = 0, \quad 2k_0 k + \frac{b}{4}(c\gamma + b) = l,$$

$$b(\alpha + \beta) + \alpha c\gamma = 0$$

setzt. Die vierte dieser Gleichungen lässt in Bezug auf m zwei Auflösungen zu; der einen $m = 0$ entsprechen nach den übrigen Gleichungen die Werthe:

$$\alpha = \beta = 2k - \frac{1}{2}, \quad c\gamma = 4\sqrt{2k_0 k - l}, \quad a = -k_0,$$

$$b = -2\sqrt{2k_0 k - l}$$

Die zweite Auflösung gibt

$$m = \frac{1}{2}(\alpha+\beta-1)$$

und für diese erhält man:

$$\alpha_1 = \beta_1 = \frac{3}{2} - 2k, \quad c_1\gamma_1 = 4\sqrt{2k_0k-l}, \quad a_1 = -k_0,$$

$$b_1 = -2\sqrt{2k_0k-l}$$

und

$$m_1 = 1-2k$$

Wie man sieht, ist

$$\alpha_1 = \beta_1 = 1-\alpha = 1-\beta, \quad c_1\gamma_1 = c\gamma \quad \text{u. s. w.}$$

Hieraus ergeben sich die beiden folgenden Integrale der Gleichung (2):

$$e^{-k_0x-2\sqrt{2k_0k-l}.\sqrt{x}} \int_{u_0}^{u_1} e^{\gamma\sqrt{x}.u}.[u(c-u)]^{\alpha-1}\,du \qquad \ldots(A)$$

$$x^{1-2k}e^{-k_0x-2\sqrt{2k_0k-l}.\sqrt{x}} \int_{u_0}^{u_1} e^{\gamma\sqrt{x}.u}.[u(c-u)]^{-\alpha}\,du \qquad \ldots(B)$$

beide mit der Bedingung:

$$c\gamma = 4\sqrt{2k_0k-l}$$

wobei zunächst angenommen wird, es sei $2k_0k-l$ von Null verschieden.

Die Bestimmung der Grenzen der Integrale erfordert die Unterscheidung der beiden Fälle, ob der reelle Theil von α positiv oder negativ ist.

1. Es sei der reelle Theil von α positiv.

In diesem Fall erhält man aus (A) ein Integral, wenn die Gleichung für $c\gamma$ durch die Werthe $c=1$, $\gamma = 4\sqrt{2k_0k-l}$ aufgelöst, und $u_0 = 0$, $u_1 = 1$ gesetzt wird.

Ebenfalls aus (A) lässt sich ein zweites, von dem vorigen verschiedenes Integral finden, wenn man in den Gleichungen des Art. 2

$$X = \sqrt{x} = \lambda + \mu\sqrt{-1}$$

$$c\gamma = 4\sqrt{2k_0k - l} = \lambda_0 + \mu_0\sqrt{-1}$$

$$\gamma = \sigma + \tau\sqrt{-1}$$

setzt, und für σ und τ solche Zahlen wählt, wofür der Ausdruck

$$\lambda\sigma - \mu\tau = \Delta \text{ negativ} \qquad \ldots(3)$$

also der reelle Theil von $\gamma\sqrt{x}$ negativ wird. Auf den Werth von Δ_0 kommt es dabei nicht an. Setzt man dann $u_0 = 0$, $u_1 = \infty$, so leistet (A) der Gleichung (2) abermals Genüge, und hat dieses einen endlichen Werth. Die beiden Integrale sind daher:

$$y_1 = e^{-k_0x - 2\sqrt{2k_0k-l}.\sqrt{x}} \int_0^1 e^{4\sqrt{2k_0k-l}.\sqrt{x}.u} . [u(1-u)]^{\alpha-1} du$$

$$y_2 = e^{-k_0x - 2\sqrt{2k_0k-l}.\sqrt{x}} \int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1}).\sqrt{x}.u} \left[u\left(\frac{4\sqrt{2k_0k-l}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}} - u\right)\right]^{\alpha-1} du \qquad \ldots(I)$$

2. Der reelle Theil von α sei negativ.

Für diesen Fall ergeben sich aus (B) zwei Integrale, und zwar das eine, wenn man wieder $c = 1$, $\gamma = 4\sqrt{2k_0k-l}$ und $u_0 = 0$, $u_1 = 1$ setzt, das andere aber, wenn die der Bedingung (3) entsprechenden Zahlen σ und τ, welches die vorhin schon bestimmten sein können, gewählt und die Grenzen $u_0 = 0$, $u_1 = \infty$ gesetzt werden. Man hat daher:

$$y_1 = x^{1-2k} e^{-k_0x - 2\sqrt{2k_0k-l}.\sqrt{x}} \int_0^1 e^{4\sqrt{2k_0k-l}.\sqrt{x}.u} . [u(1-u)]^{-\alpha} du$$

$$y_2 = x^{1-2k} e^{-k_0x - 2\sqrt{2k_0k-l}.\sqrt{x}} \int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1}).\sqrt{x}.u} \left[u\left(\frac{4\sqrt{2k_0k-l}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}} - u\right)\right]^{-\alpha} du \qquad \ldots(II)$$

In dem bisher ausgeschlossenen Fall $2k_0k - l = 0$ hat die Gleichung (2) die Form

$$x\frac{d^2y}{dx^2}+2(k_0x+k)\frac{dy}{dx}+(k_0^2x+2k_0k)y=0$$

deren particuläre Integrale sich unmittelbar angeben lassen. Sie sind

$$y_1=e^{-k_0x}, \quad y_2=x^{1-2k}e^{-k_0x}$$

und wenn auch noch $k=\frac{1}{2}$ ist:

$$y_1=e^{-k_0x}, \quad y_2=e^{-k_0x}\log x$$

Übrigens ergeben sich, wenn $2k_0k-l=0$ ist, diese Lösungen auch aus den Formeln y_1 der Gleichung (I) und (II), wenn man von den Werthen der sich auf Constanten reducirenden bestimmten Integrale abstrahirt.

Die Integration der Gleichung (2) kann in allen Fällen durch die Formeln (I) und (II) geschehen, worin die Exponenten den Factor $\sqrt{x}$ enthalten. Es scheint nun aber bemerkenswerth zu sein, dass die Integrale jener Gleichung, wenn auch nicht in allen, doch in gewissen Fällen einer ganz andern Darstellung fähig sind, worin namentlich $\sqrt{x}$ nicht mehr vorkommt. Man gelangt dazu durch einen in den Ausdrücken (A) und (B) des vorigen Art. erfolgenden Übergang ins Unendliche, indem man

$$c\gamma=2\sqrt{k_0^2-l_0}=\omega$$

Null werden lässt. Jene Ausdrücke lassen sich, wenn darin

$$\alpha=k+\frac{2k_0k-l}{\omega}, \quad \beta=k-\frac{2k_0k-l}{\omega}$$

gesetzt und c als in Null übergehend betrachtet wird, wie man sich leicht überzeugt, in folgender Weise schreiben:

$$e^{-k_0x}\int_{u_0}^{u_1}e^{\gamma x u}u^{2k-2}\left(1-\frac{c}{u}\right)^{-\frac{2k_0k-l}{\omega}}du$$

$$x^{1-2k}e^{-k_0x}\int_{u_0}^{u_1}e^{\gamma x u}u^{-2k}\left(1-\frac{c}{u}\right)^{-\frac{2k_0k-l}{\omega}}du$$

Es sei nun:

$$2k_0k-l=\lambda_0+\mu_0\sqrt{-1}$$

$$x=\lambda+\mu\sqrt{-1}$$

$$\gamma=\sigma+\tau\sqrt{-1},$$

also

$$c=\frac{\omega}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}$$

ferner

$$u_0=0, \quad u_1=\infty$$

Dann ist für $\omega=0$

$$y_1=e^{-k_0x}\int_0^{\infty}e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})xu}.u^{2k-2}e^{\frac{2k_0k-l}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}\cdot\frac{1}{u}}du$$

$$y_2=x^{1-2k}e^{-k_0x}\int_0^{\infty}e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})xu}.u^{-2k}e^{\frac{2k_0k-l}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}\cdot\frac{1}{u}}du \qquad \ldots(4)$$

und dies sind in allen Fällen Integrale der Gleichung (2), wenn sich σ und τ, unabhängig vom Werthe x so bestimmen lassen, dass die reellen Theile von $(\sigma+\tau\sqrt{-1}).x$ und $\frac{2k_0k-l}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}$ negativ werden. Denn in diesem Falle verschwindet, was auch k sein mag, jeder der beiden Ausdrücke unter den Integralzeichen, hat also jedes Integral einen endlichen Werth und geschieht der Gleichung (2) durch y_1 und y_2 Genüge.

Um nun die Bedingungen, unter welchen dies der Fall ist, zu erhalten, hat man:

$$\gamma x=(\sigma+\tau\sqrt{-1})x=(\lambda\sigma-\mu\tau)+(\lambda\tau+\mu\sigma)\sqrt{-1}$$

$$\frac{2k_0k-l}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}=\frac{\lambda_0\sigma+\mu_0\tau}{\sigma^2+\tau^2}+\frac{\mu_0\sigma-\lambda_0\tau}{\sigma^2+\tau^2}\cdot\sqrt{-1}$$

und es ist also erforderlich, dass gleichzeitig die beiden Ausdrücke:

$$\lambda\sigma - \mu\tau = \Delta$$

$$\lambda_0\sigma + \mu_0\tau = \Delta^0$$

negativ werden, und weder λ_0, μ_0, noch λ, μ gleichzeitig Null seien. Die Zahlen σ und τ können diesen Bedingungen entsprechend offenbar nicht unter allen Umständen bestimmt werden; wenn dies aber möglich ist, so entscheiden darüber die Zeichen der Grössen λ, μ, λ_0, μ_0, eventuell auch die Grenzen der Intervalle, innerhalb welcher dieselben liegen.

Eines Beispiels wegen nehme man an, es seien

$2k_0k-l$ und x reell, positiv und von Null verschieden,

also

$$\lambda_0 \text{ und } \lambda \text{ positiv}, \quad \mu_0 = 0, \quad \mu = 0.$$

Es genügt daher, $\sigma = -1$, $\tau = 0$ zu setzen, und man hat:

$$y_1 = e^{-k_0x}\int_0^\infty e^{-xu}u^{2k-2}e^{-(2k_0k-l)\cdot\frac{1}{u}}du$$

$$y_2 = x^{1-2k}e^{-k_0x}\int_0^\infty e^{-xu}u^{-2k}\ e^{-[2k_0k-l)\cdot\frac{1}{u}}du$$

als Integrale der Gleichung (2).

Die Integrale in (4) werden, was noch bemerkt werden mag, einander gleich, wenn $k = \frac{1}{2}$ ist. Man kann aber dann auf dem früher bezeichneten Weg aus y_2 ein von y_1 verschiedenes Integral finden, was nicht näher gezeigt zu werden braucht.

Der Differentialgleichung

$$x\frac{dy^2}{dx^2} + (2k_0x+1)\frac{dy}{dx} + (k_0^2x+l)y = 0$$

entsprechen daher, wenn sich die Bedingungen für Δ und Δ_0 erfüllen lassen, die beiden folgenden Integrale:

$$y_1 = e^{-k_0 x} \int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})xu} \cdot \frac{1}{u} \cdot e^{\frac{k_0-l}{\sigma+\tau\sqrt{-1}} \cdot \frac{1}{u}} du$$

$$y_2 = e^{-k_0 x} \int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})xu} \cdot \frac{\log xu}{u} \cdot e^{\frac{k_0-l}{\sigma+\tau\sqrt{-1}} \cdot \frac{1}{u}} du$$

Diese jedoch gelten für $k_0 - l = 0$ nicht mehr, weil sonst gegen die Voraussetzung $\lambda_0 = 0$ und $\mu_0 = 0$ wäre.

7.

Aus den bisherigen Betrachtungen ergibt sich, dass die Differentialgleichung, welche den Gegenstand dieser Arbeit bildet, nach vorausgegangener möglichst einfacher Transformation in allen Fällen durch die mit römischen Ziffern bezeichneten Paare particulärer Integrale — deren Anzahl neun beträgt — sowohl für reelle als complexe Werthe der constanten Coëfficienten und der unabhängigen Veränderlichen integrirt werden kann, und dass jene Integrale allen an die Integration der gegebenen Gleichung früher gestellten Anforderungen in allgemeinster Weise entsprechen.

Auf eine Reproduction und Vergleichung der bekannten mit den hier gefundenen Lösungen kann, insoweit dieselbe nicht schon gelegentlich im Vorangehenden stattfand, ohne grosse Umständlichkeit nicht eingegangen werden; denn einestheils beruhen die ersteren auf ganz verschiedenen und complicirteren oder nur bei Gleichungen mit in Ziffern gegebenen Coëfficienten wirklich ausführbaren Transformationen, anderntheils aber gehen sie rücksichtlich der Beschaffenheit dieser Coëfficienten und der unabhängigen Veränderlichen von specielleren Voraussetzungen aus, und treten als höhere Differentialquotienten bestimmter Integrale, als Doppelintegrale, also in ganz anderen Formen auf, als die hier entwickelten Resultate, in welchen jedesmal nur ein einziges bestimmtes Integral, und zwar fast immer zwischen den Grenzen 0 und ∞ genommen erscheint.

Die Anwendung der neun Formeln in gegebenen Fällen ist sehr leicht, wie aus den wenigen beigefügten Beispielen, deren

Vermehrung hier kein besonderes Interesse hätte, zur Genüge hervorgeht.

Dagegen verdient die folgende Bemerkung hervorgehoben zu werden.

Aus jedem einzelnen in den bezeichneten neun Formeln enthaltenen Integral lassen sich, namentlich in dem hier näher zu berührenden Fall, wenn das Imaginäre nur von der Einführung der Zahlen σ und τ herrührt, die sonst vorkommenden constanten Grössen und die Veränderliche x aber durchaus reell sind, durch Trennung des Reellen vom Imaginären sehr leicht zwei Integrale ableiten, da, weil alsdann die gegebene Differentialgleichung keine imaginären Grössen enthält, offenbar sowohl der relle als der rein imaginäre Theil jener Gleichung Genüge leisten muss.

In welcher Form die neuen, ganz reellen Integrale erscheinen, zeigt sich hinreichend schon aus der Betrachtung eines einzigen Falles.

Im Art. 5 wurde für die Gleichung

$$x\frac{d^2y}{dx^2}+2(k_0x+k)\frac{dy}{dx}+(l_0x+l)y=0$$

wenn

$$\alpha=k+\frac{2k_0k-l}{2\sqrt{k_0^2-l_0}} \text{ positiv}$$

$$\beta=k-\frac{2k_0k-l}{2\sqrt{k_0^2-l_0}} \text{ negativ}$$

und sammt x reell sind, ferner σ und τ den Bedingungen

$$x\sigma=\Delta \text{ negativ}, \quad -2\sqrt{k_0^2-l_0}\cdot\tau=\Delta_0 \text{ von Null verschieden},$$

entsprechen, die Integrale (III):

$$e^{-(k_0+\sqrt{k_0^2-l_0})x}\int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})xu}\cdot u^{\alpha-1}\left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}-u\right)^{\beta-1}du$$

$$x^{1-2k}e^{-(k_0+\sqrt{k_0^2-l_0})x}\int_0^\infty e^{(\sigma+\tau\sqrt{-1})xu}\cdot u^{-\beta}\left(\frac{2\sqrt{k_0^2-l_0}}{\sigma+\tau\sqrt{-1}}-u\right)^{-\alpha}du$$

gefunden, worin blos $\tau\sqrt{-1}$ imaginär ist. Wird nun

$$2\sqrt{k-l_0}-\sigma u-\tau u\sqrt{-1}=\rho(\cos\varphi-\sqrt{-1}\sin\varphi)=\rho e^{-\varphi\sqrt{-1}}$$

gesetzt, so folgt:

$$\rho\sin\varphi=\tau u$$

$$\rho\cos\varphi=2\sqrt{k_0^2-l_0}-\sigma u$$

Hierdurch sind ρ und φ bestimmt, und da τ nicht Null ist, so kann ρ für keinen reellen Werth von u verschwinden.

Dies vorausgesetzt, findet man nun durch die Zerlegung der beiden Ausdrücke die folgenden vier Integrale:

$$e^{-(k_0+\sqrt{k_0^2-l_0})x}\int_0^\infty e^{\sigma xu}\,u^{\alpha-1}\rho^{\beta-1}\cos[\tau xu-(\beta-1)\varphi]\,du$$

$$e^{-(k_0+\sqrt{k_0^2-l_0})x}\int_0^\infty e^{\sigma xu}\,u^{\alpha-1}\rho^{\beta-1}\sin[\tau xu-(\beta-1)\varphi]\,du$$

$$x^{1-2k}e^{-(k_0+\sqrt{k_0^2-l_0})x}\int_0^\infty e^{\sigma xu}\,u^{-\beta}\,\rho^{-\alpha}\cos[\tau xu+\alpha\varphi]\,du$$

$$x^{1-2k}e^{-(k_0+\sqrt{k_0^2-l_0})x}\int_0^\infty e^{\sigma xu}\,u^{-\beta}\,\rho^{-\alpha}\sin[\tau xu+\alpha\varphi]\,du$$

wovon jedes, wie man sich leicht direct überzeugen kann, der angegebenen Differentialgleichung in der That Genüge leistet.

Auf gleiche Weise kann bei jedem der früheren Formelpaare verfahren werden; die weitere Ausführung aber darf hier füglich wegbleiben.

Wie man sieht, liefern die vorstehenden Betrachtungen vier verschiedene particuläre Integrale der in Rede stehenden Differentialgleichung, und nicht blos deren zwei.

Es braucht kaum darauf aufmerksam gemacht zu werden, dass diese Vermehrung der particulären Integrale für manche Betrachtungen von Vortheil ist; man erinnere sich, um ein Bei-

spiel hiefür zu haben, nur an die zuerst von Abel (Oeuvres compl. T. I, p. 93) bemerkte und erfolgreich benutzte Relation, welche zwischen je zwei particulären Integralen einer linearen Differentialgleichung zweiter Ordnung und den auf x bezogenen Differentialquotienten jener Integrale besteht.

8.

Wie bekannt, lässt sich eine ziemlich beträchtliche Anzahl von Differentialgleichungen, deren Coëfficienten keine linearen Functionen der Veränderlichen sind, auf die hier in Rede stehende Differentialgleichung zurückführen, also auch mittelst eines der vorangehenden neun Formelpaare integriren.

Auch hierüber möge wenigstens ein einfacheres Beispiel folgen. Es betrifft die Gleichung

$$\frac{d^2y}{dt^2} + at^n \frac{dy}{dt} + bt^{n-1} y = 0 \qquad \ldots(1)$$

deren Integration meines Wissens für beliebige Werthe der constanten Grössen a, b, n nicht bekannt ist.

Man kann diese Gleichung sehr leicht auf eine der früher betrachteten Formen zurückführen. Wird nämlich

$$at^{n+1} = (n+1)x\,, \quad \frac{dx}{dt} = at^n$$

gesetzt, so folgt:

$$\frac{dy}{dt} = at^n \frac{dy}{dx}$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = nat^{n-1} \frac{dy}{dx} + a^2 t^{2n} \frac{d^2y}{dx^2}$$

und geht die Gleichung (1) über in die folgende:

$$a^2 t^{2n} \frac{d^2y}{dx^2} + (nat^{n-1} + a^2 t^{2n}) \frac{dy}{dx} + bt^{n-1} y = 0$$

wofür auch

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \left(1 + \frac{n}{at^{n+1}}\right)\frac{dy}{dx} + \frac{b}{a^2t^{n+1}} \cdot y = 0$$

geschrieben werden kann.

Hieraus aber lässt sich t vollständig eliminiren, und man findet:

$$x\frac{d^2y}{dx^2} + \left(x + \frac{n}{n+1}\right)\frac{dy}{dx} + \frac{b}{a(n+1)} \cdot y = 0 \quad \ldots(2)$$

Aus dem Integral dieser Gleichung erhält man jenes von (1), wenn darin

$$x = \frac{a}{n+1} \cdot t^{n+1}$$

gesetzt wird.

Diese Transformation wird nur für den Fall $n = -1$ unbrauchbar; dann aber erscheint (1) in der Form

$$t^2\frac{d^2y}{dt^2} + at\frac{dy}{dt} + by = 0$$

deren particuläre Integrale bekanntlich

$$y_1 = t^{x_1}, \quad y_2 = t^{x_2}$$

sind, wenn x_1, x_2 die Wurzeln der Gleichung

$$x^2 + (a-1)x + b = 0$$

bezeichnen. Der Fall $n = -1$ kann also ausgeschlossen bleiben.

Dies vorausgesetzt, hat nun (2) die im Art. 5 betrachtete Form

$$x\frac{d^2y}{dx^2} + 2(k_0x + k)\frac{dy}{dx} + (l_0x + l)y = 0$$

und es ist also:

$$k_0 = \frac{1}{2}, \quad k = \frac{n}{2(n+1)}, \quad l_0 = 0, \quad l = \frac{b}{a(n+1)}$$

Da hieraus

$$2\sqrt{k_0^2 - l_0} = 1$$

folgt, so ergeben sich aus den Formeln des Art. 5 die Werthe:

$$\alpha = \frac{n}{n+1} - \frac{b}{a(n+1)}, \quad \beta = \frac{b}{a(n+1)}$$

und es kann daher die Gleichung (2), beziehungsweise (1), was auch die Grössen a, b, n, x sein mögen, mittelst der dort gefundenen Formeln integrirt werden.

Die nähere Ausführung mag hier beispielshalber auf den Fall beschränkt bleiben, in welchem jene Grössen reell und ausserdem:

$$a = -1,$$

dagegen

$$b \text{ und } n \text{ positiv}$$

sind. Dann folgt:

$$\alpha = \frac{n+b}{n+1}, \quad \beta = -\frac{b}{n+1}, \quad x = -\frac{t^{n+1}}{n+1}$$

und da hiernach α positiv, β negativ ist, so treten die Gleichungen (III) des Art. 5 in Anwendung.

Die Grössen σ und τ sind offenbar aus den Bedingungen

$$x\sigma = \Delta \text{ negativ}, \quad -\tau = \Delta_0 \text{ von Null verschieden},$$

zu ermitteln. Wird nun die Veränderliche t der Gleichung (1) als positiv, und x als negativ betrachtet, so entsprechen jenen Bedingungen die Werthe $\sigma = \tau = +1$.

Das Resultat ist daher folgendes:

Der Differentialgleichung

$$\frac{d^2y}{dt^2} - t^n \frac{dy}{dt} + bt^{n-1} y = 0$$

worin t, b und n positive Grössen sind, wird, wenn man

$$x = -\frac{t^{n+1}}{n+1}, \quad x \text{ negativ für jeden Werth von } n$$

setzt, durch die beiden Integrale:

$$y_1 = e^{-x} \int_0^\infty e^{(1+\sqrt{-1})xu} \cdot u^{\frac{b-1}{n+1}} (1-u-u\sqrt{-1})^{-\left(1+\frac{b}{n+1}\right)} du$$

$$y_2 = x^{\frac{1}{n+1}} e^{-x} \int_0^\infty e^{(1+\sqrt{-1})xu} \cdot u^{\frac{b}{n+1}} (1-u-u\sqrt{-1})^{-\frac{n+b}{n+1}} du$$

Genüge geleistet.

Durch Trennung des Reellen vom Imaginären aber erhält man daraus vier von einander verschiedene reelle Integrale derselben Gleichung. Es sei

$$1-u-u\sqrt{-1} = \rho(\cos\varphi - \sqrt{-1}\sin\varphi) = \rho e^{-\varphi\sqrt{-1}}$$

also

$$\rho\sin\varphi = u, \quad \rho\cos\varphi = 1-u$$

und

$$\rho^2 = 2u^2-2u+1, \quad \tang\varphi = \frac{u}{1-u}$$

Die vier Integrale sind somit:

$$e^{-x} \int_0^\infty e^{xu} u^{\frac{b-1}{n+1}} \cdot \rho^{-\frac{1}{2}\left(1+\frac{b}{n+1}\right)} \cos\left[xu + \left(1+\frac{b}{n+1}\right)\varphi\right] \cdot du,$$

$$e^{-x} \int_0^\infty e^{xu} u^{\frac{b-1}{n+1}} \cdot \rho^{-\frac{1}{2}\left(1+\frac{b}{n+1}\right)} \sin\left[xu + \left(1+\frac{b}{n+1}\right)\varphi\right] \cdot du,$$

$$x^{\frac{1}{n+1}} e^{-x} \int_0^\infty e^{xu} u^{\frac{b}{n+1}} \rho^{-\frac{1}{2}\cdot\frac{n+b}{n+1}} \cos\left[x u + \frac{n+b}{n+1}\varphi\right] . du,$$

$$x^{\frac{1}{n+1}} e^{-x} \int_0^\infty e^{xu} u^{\frac{b}{n+1}} . \rho^{-\frac{1}{2}\cdot\frac{n+b}{n+1}} \sin\left[x u + \frac{n+b}{n+1}\varphi\right] . du$$

Hierin bezeichnet x den durch die Gleichung

$$x = -\frac{t^{n+1}}{n+1}$$

für positive Werthe von t gegebenen negativen Werth.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

2.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

V. SITZUNG VOM 6. FEBRUAR 1873.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Hofrath Freih. v. Ettingshausen den Vorsitz.

Die Direction des k. k. Real- und Obergymnasiums zu Oberhollabrunn dankt, mit Zuschrift vom 30. Jänner, für die Betheilung dieser Lehranstalt mit den akademischen Schriften.

Herr Prof. L. Gegenbauer in Krems übersendet eine „Note über bestimmte Integrale."

Herr Dr. B. Igel legt eine Abhandlung: „Zur Theorie der linearen Differentialgleichungen und der Algebra" vor.

Herr Dr. E. Priwoznik, Haupt-Münzamts-Chemiker, übergibt eine Abhandlung: „Über eine durch schwefelhältiges Mineralwasser bewirkte Veränderung von Gusseisen."

Herr Dr. H. Frombeck überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Der Parallelismus der Lehren von den Fourier'schen Integralen und den geschlossenen Integrationen, als das Hauptergebniss einer selbständigen, von den herrschenden Ansichten abweichenden Theorie der bestimmten Integrale."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie des Sciences, Belles-Lettres & Arts de Lyon: Mémoires. Classe des Lettres. Tome XIVe, Paris & Lyon, 1868—1869; Classe des Sciences. Tome XVIIIe. Paris & Lyon, 1870—1871; gr. 8°.

Accademia Pontificia de' nuovi Lincei: Atti. Anno XXVI, Sess. 1^a^. Roma, 1873; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr. Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 4. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1920 (Bd. 80. 24.) Altona, 1873; 4°.

Central-Observatorium, physikalisches, zu St. Petersburg: Annalen. Jahrgang 1870. St. Petersburg, 1872; 4°. — Meteorologische Übersicht Russlands. Herausgegeben von den Berg-Ingenieuren unter der Leitung von A. Kupffer. St. Petersburg, 1854; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 3. Paris, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 5. Wien, 1873; 4°.

Grunert, Joh. Aug., Archiv der Mathematik und Physik. LIV. Theil, 4. Heft. Greifswald, 1872; 8°.

Helsingfors, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871—1872. 4° & 8°.

Koninck, L. G. de, Nouvelles recherches sur les animaux fossiles du terrain carbonifère de la Belgique etc. Ire Partie. Bruxelles, 1872; 4°.

Marburg, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871—1872. 4°, 8° & Folio.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 19. Band, 1873. I. Heft. Gotha; 4°.

Nature. Nr. 170. Vol. VII. London, 1873; 4°.

Observatorio de Madrid: Anuario. Año IX—XII. 1869—1871. Madrid; kl. 8°. — Observaciones meteorológicas efectuadas en el Observatorio de Madrid. 1866—1870. Madrid, 1868—1871; 8°. — Resumen de las Observaciones meteorológicas efectuadas en la Peninsula. 1866—1870. Madrid, 1868—1872; 8°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Jahrbuch. Jahrgang 1872. XXII. Band. Nr. 4. Wien; 4°. — Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 17—18. Wien; 4°. — General-Register der Bände XI—XX des Jahrbuches und der Jahrgänge 1860—1870 der Verhandlungen. Von A. Senoner. Wien, 1872; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger. IIe Année, 2e Série, Nr. 31. Paris, 1873; 4°.

Société Nationale des Sciences naturelles de Cherbourg: Mémoires. Tomes XV & XVI (2e Série, Tomes V & VI). Paris & Cherbourg, 1870 & 1871/72; 8°.

Société Nationale Académique de Cherbourg: Memoires. 1871. Cherbourg & Caen; 8°.

— d'Agriculture, Histoire naturelle et Arts utiles de Lyon: Annales. IVe Série. Tomes I—II. 1868—1869; Lyon et Paris, 1869 & 1870; gr. 8°.

— Linnéenne de Lyon: Annales. Année 1870—71. (Nouvelle Série.) Tome XVIIIe. Paris, 1872; gr. 8°.

— des Ingénieurs civils: Mémoires et Compte rendu des travaux. 3e Série. 24e Année, 3e & 4e Cahiers. 1871; 4e Série. 25e Année, 1er & 2e Cahiers. Paris, 1872; 8°. — Séance du 10 Janvier 1873. 8°.

Verein, Naturhistorisch-medicinischer, zu Heidelberg: Verhandlungen. VI. Bd. 2. Heft. Heidelberg, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 5. Wien, 1873; 4°.

Beweis eines Satzes über das Vorkommen complexer Wurzeln in einer algebraischen Gleichung.

Von Dr. **Jos. Kolbe.**

(Vorgelegt in der Sitzung am 16. Jänner 1873.)

Bekanntlich besitzt eine algebraische Gleichung mit einer Unbekannten, wenn ihre Wurzeln sämmtlich reell sind, ebenso viele positive Wurzeln als Zeichenwechsel.

Ist die untersuchte Gleichung diese:

$$f(x) = A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots + A_m = 0,$$

wobei A_m und somit auch jede Wurzel der Gleichung von der Null merklich verschieden sein möge; und verkleinert man durch die Substitution $x = \xi + \delta$ alle ihre Wurzeln um ein reelles δ, so bekommt man:

$$f(\xi+\delta) = \sum_{k=0}^{k=m}\left[\sum_{l=0}^{l=k}\binom{m-k+l}{l} A_{k-l}\,\delta^l . x_{m-k}\right] = 0, \text{ d. h.}$$

$$A_0\xi^m + [A_1 + mA_0\delta]\xi^{m-1} + [A_2 + (m-1)A_1\delta + \binom{m-2}{2}A_0\delta^2]\xi^{m-2} + .$$

$$+ [A_{m-1} + 2A_{m-2}\delta + \ldots + mA_0\delta^{m-1}]\xi + f(\delta) = 0.$$

Ein verschwindend kleiner positiver oder negativer Werth von δ kann offenbar das Zeichen keiner einzigen reellen Wurzel der obigen Gleichung $f(x) = 0$ ändern.

Enthält die Gleichung $f(x) = 0$ eine Stelle von dem Gepräge

$$\ldots + A_k x^{m-k} + 0 + 0 + \ldots + 0 + A_{k+l+1} x^{m-k-l-1} + \ldots,$$

wo also l auf einander folgende Theile fehlen (A_k mag hier als positiv gelten, der andere Fall bedarf, wie aus dem Folgenden erhellen wird, keiner besonderen Erörterung); und verkleinert man alle Wurzeln um δ, so zeigt die Gleichung $f(\xi+\delta) = 0$

wenn man um der Kürze willen anstatt irgend eines Binomialcoëfficienten $\binom{m-\gamma}{\delta}$ das Symbol β setzt, δ der Null bis zum Verschwinden nähert, und in der Entwicklung nur die l niedrigsten Potenzen von δ beibehält, eine entsprechende Stelle von folgendem Ansehen:

$$..+(A_k+\beta A_{k-1}\delta+..)x^{m-k}+(\beta A_k\delta+..)x^{m-k-1}+$$
$$+(\beta A_k\delta^2+..)x^{m-k-2}+....+(\beta A_k\delta^{l-1}+\beta A_{k-1}\delta^l)x^{m-k-l+1}+$$
$$\beta A_k\delta^l.x^{m-k-l}+A_{k+l+1}x^{m-k-l-1}+..$$

Die vor den einzelnen hier erscheinenden Potenzen des x stehenden Coëfficienten sind, so lange δ nicht genau Null ist, auch nicht Null, und lassen sich für ein der Null hinreichend nahe gebrachtes δ jeder durch seinen ersten Theil hinreichend genau darstellen, so dass man die in Rede stehende Stelle auch mit gewiss nicht zu grossen Abweichungen so schreiben kann:

$$..+A_kx^{m-k}+\beta A_k.\delta x^{m-k-1}+\beta A_k.\delta^2x^{m-k-2}+\beta A_k.\delta^3x^{m-k-3}+..$$
$$..+\beta A_k.\delta^{l-1}x^{m-k-l+1}+\beta A_k.\delta^lx^{m-k-l}+A_{k+l+1}x^{m-k-l-1}+..$$

Ist l eine gerade Zahl, so bietet diese Stelle, je nachdem δ positiv oder negativ ist, folgende Zeichen:

$$..+\pm+\pm+...\pm++;$$

und die Reihe der unteren Zeichen enthält, A_{k+l+1} mag positiv oder negativ sein, um l Zeichenwechsel mehr als die der oberen. Hätte nun die Gleichung $f(x)=0$, also auch die Gleichung $f(x\pm\delta)=0$, lauter reelle Wurzeln, so kämen, nach diesen Zeichen zu schliessen, der Gleichung $f(\xi-\delta)=0$ um l positive Wurzeln mehr zu, als der Gleichung $f(x+\delta)=0$; d. h. l Wurzeln der letzteren Gleichung müssten durch Vergrösserung um das verschwindende 2δ ihr Zeichen ändern, was dem oben Gesagten widerspricht; gerade diese l Wurzeln können also nicht reell sein. Man erkennt hieraus: Fehlt in der Gleichung $f(x)=0$ eine gerade Anzahl auf einander folgender Theile, so sind mindestens ebenso viele complexe Wurzeln vorhanden.

Ist l ungerade und A_{k+l+1} positiv (A_k ist als positiv vorausgesetzt), so zeigt die mehrbesagte Stelle für $\pm\delta$ folgende Zeichen:

$$..+\pm+\pm+...+\pm+..,$$

während bei ungeradem l und negativem A_{k+l+1} die Zeichen

$$..+\pm+\pm+...+\pm-..$$

erscheinen. Demnach hätte die Gleichung $f(\xi-\delta)=0$, wenn alle ihre Wurzeln reell wären, um $l+1$, beziehungsweise um $l-1$ positive Wurzeln mehr als die Gleichung $f(x+\delta)=0$, während doch sicherlich eine Vergrösserung um das verschwindende 2δ das Zeichen keiner reellen Wurzel ändern kann; zum mindesten diese $l\pm1$ Wurzeln waren also nicht reell. Man erkennt: Fehlt in der Gleichung $f(x)=0$ eine ungerade Anzahl auf einander folgender Theile zwischen zwei gleich oder ungleich bezeichneten Theilen, so ist die Anzahl der vorhandenen complexen Wurzeln ebenso gross oder grösser als die um 1 vermehrte, beziehungsweise verminderte Anzahl der fehlenden Theile.

Bemerkungen über die von Dr. A. Wolfert erneuerte Theorie der Polarlichter durch Reflexion und Brechungs-Phänomene der Sonnenstrahlen.

Von dem w. M. Dr. A. Boué.

(Vorgelegt in der Sitzung am 30. Jänner 1873.)

Dr. Wolfert hat im elften Hefte der geographischen Mittheilungen Petermann's für 1872 die schon im Jahre 1777 durch Hell (Astr. Ephem.), im J. 1789 durch Sasioli (Dell' Aur. bor. u. s. w.), im J. 1820 von W. Dobbie (Phil. mag. Bd. 56, p. 175), im J. 1830 von einem Unbenannten (Amer. J. of Sc. Bd. 19, S. 235) und besonders von Sir James Ross in den Jahren 1835 und 1855 [1] aufgestellte Theorie für Polarlichter wieder aufgefrischt. Es wären nur durch die Polar-Eisflächen verursachte Lichtreflexion und Refractions-Phänomene. Der Verfasser glaubt selbst für jede mit Nordlichtern gesegnete Gegend das eigene locale Eisfeld der optischen Erscheinung bestimmen zu können. Das Zodiakallicht gehöre auch nach ihm zu ähnlichen Sonnenlicht-Phänomenen, obgleich Maxwell Hull es viel besser vermittelst einer elektrischen Abstossung der Erdatmosphäre durch die Sonne erklärt und zu gleicher Zeit die Identität der Form jenes Lichtes mit derjenigen der Ekliptik illustrirt (Nature. 1873, 13. Jänner, S. 203 mit Fig.).

Wenn es auffällt, eine Abhandlung der Art nicht in Poggendorf's Annalen zu lesen, so habe ich doch eine Erwiderung mir nützlich gedacht, weil mir dadurch die Gelegenheit

---

[1] Brit. Assoc. Dublin, 1835; L'Institut, 1835, S. 360; Amer. J. of Soc. 1836, Bd. 29, S. 348; Brit. Assoc. Glasgow, 1855; siehe meinen Nordlichter-Katalog, Sitzungsber. 1856, Bd. 22.

geliefert wird, die elektro-magnetische Theorie noch weiter zu begründen. Da Petermann's Blätter für ein grösseres Publikum als den Gelehrtenstand bestimmt sind, so hat der Verfasser es nothwendig gefunden, einige wohl bekannte optische Gesetze, wie z. B. dass Einfalls- und Reflexionswinkel immer einander gleich sind, dass die Menge des reflectirten Lichtes mit dem Einfallswinkel wächst, sowie die Farbenvertheilung und Leuchtkraft jeder dieser im Spectrum oder in der Flamme einer Kerze vorauszuschicken. Er bedauert weiter, dass nur Biot den grossen Regenbogen erwähnt, welcher nach ihm allen Polarlichtern vorangeht. Die Erdatmosphäre übt eine Richtungsablenkung auf die Sonnenstrahlen, welche unter einem schiefen Winkel die Erde treffen; diese Wirkung wird um so grösser, als der Einfallswinkel spitziger wird, und erreicht sein Maximum bei den nur als Tangenten einfallenden Strahlen. Ausserdem wird dieses Brechungsvermögen durch die Feuchtigkeit der Atmosphäre erhöht, und im hohen Norden gesellen sich noch dazu die krystallinische Umstaltung des grössten Theiles des Feuchten in Eisennadeln.

Endlich beschreibt er die Stelle am Horizont (nach Norden Westen), wo die Nordlichter erscheinen, und meint erstlich, dass die Vertheilung der Farben, ihr einzelnes successives Erscheinen, ihr Wechsel, ihre höchst merkwürdige Beweglichkeit, dann die bestimmten Tageszeiten dieser Erscheinungen nur durch seine Theorie, sowie durch die Unebenheiten der Eisflächen und die Erdrotation erklärbar sind.

Wenn man aber eine schon lange angenommene Theorie umzustossen sich berechtigt fühlt, muss man alle Einwendungen gegen die seinige durch wohlbegründete Beweise entkräften und die für die andere Theorie hervorgezogenen Thatsachen als falsch demonstriren, indem man auch nicht vergessen muss, dass in unserem Erdkörper der Sonneneinfluss nicht einfach, sondern mehrfach ist und sein muss, so dass die Gegner des Verfassers ebenso wie letzterer mit gleichem Recht auf diese Thatsachen sich berufen können.

Was thut aber der Herr Verfasser? Erstlich scheint seine Vergleichung der Nordlichter mit dem Regenbogen eine gefehlte, da die Charakteristik beider nicht identisch ist. Im

Regenbogen, sowie in den fächerförmigen, manchmal in den Wolken bemerkten Sonnenstrahlungen, ist das Rothe die Hauptfarbe, im Nordlicht nimmt nicht nur das Rothe, aber auch das Gelbe diesen Platz ein. Dann bemerkt man nie im Regenbogen dieses bewegliche Aufschiessen des rothen Lichtes, und würden beide Phänomene nur durch das Sonnenlicht hervorgebracht werden, so müsste nach des Verfassers Meinung die Erdrotation dieselbe Beweglichkeit der Farben im Regenbogen, ebenso wie im Nordlicht verursachen. Gerade aber dieser letztere Charakter ist der elektro-magnetischen Theorie vereinigt mit thermischen und chemischen Wirkungen günstig.

Zweitens müsste der Verfasser doch besser beweisen, dass während der langen Winter-Polarnacht noch genug Lichtschein am nächsten Himmel bleibe, um solches schönes Polarlicht hervorbringen zu können; gäbe man aber auch zu, dass seine Erklärung die richtige wäre, so scheint es doch, dass sie nicht ganz auf die Nordlichter-Erzeugung im Polar-Sommer passen würde, wo die Sonne den ganzen Tag am Horizont bleibt, und wo nach ihm ihr Licht nicht mehr so schief fällt. (Vergleiche, was Capitän Beechey darüber sagt: Voy. of discovery towards the North-Pole in 1818, Edinb. n. phil. J. 1843, Bd. 35, S. 40—191.)

Die Farben erscheinen in folgender Ordnung: erstlich roth und blau, die am stärksten und geringsten abgelenkten Strahlen, roth an der Spitze der Strahlen, und später ihre Vereinigung zur Krone. Das Violett und Indigoblau am Fusse der Erscheinung bilden später den dunkeln Bogen. In der Mitte der Erscheinung bildet sich das leuchtende Hellgrün und nach oben die Entwicklung des Gelben und Orangenfarbenen. Das gelbe Licht ist das stärkste.

Dann setzt er voraus, dass mit den empfindlichsten Elektrometern der Zustand der Lichtelektricität selbst bei den stärksten Nordlichtern unverändert geblieben ist. Blättern wir aber in den wissenschaftlichen Annalen, so finden wir, dass er im Irrthum ist, und Namen von gutem Klange, wie die von Mattenucci, Cotta, Schübler, Brewster, Volta u. s. w. (siehe Sitzungsber. 1857, Bd. 22, S. 63) werden ihn eines Besseren belehren.

Weiter sagt er, wäre das Polarlicht ein Product atmosphärischer Elektricität, so müsste es doch den Nordpolfahrern gelungen sein, die Erscheinung über sich statt vor sich gesehen zu haben. Die Antwort wird jeder in den zahlreichen aufgezählten Berichten, welche ich über diese Frage im 22. Bande der akademischen Sitzungsberichte (S. 59—61) aufzählte, finden. Wegen den theilweise bestrittenen Erzählungen von äusserst niedrigen Nordlichtern wäre vielleicht die Frage erlaubt, ob nie ein reflectirtes Bild dieser über einer Eisfläche gesehen wurde.

Irgend ein Geräusch oder selbst einen Geruch (in arktischen Gegenden) bei Nordlichtern weist der Herr Verfasser ins Reich der Fantasie, weil natürlich Strahlenreflexion und Brechung solches nicht erzeugen können. Aber für diese Thatsachen bürgen zahlreiche Zeugen (ebd. Bd. 22, S. 61—62). Wir verstehen nicht, wie Männer, als Hansteen, Necker de Saussure, Siljestroem (Commission du Nord, Voy. en Scandinavie, Aur. bor. S. 539) u. s. w. als Lügner oder Irrsinnige erklärt werden können. Seit meiner Zusammenstellung über Nordlichter sind uns über diesen Gegenstand zu den 28 bis 30 aufgezählten Beobachtern wieder acht glaubwürdige Berichte [1] zugekommen, unter welchen aber einer sehr merkwürdig bleibt, weil die ganz unbefangenen Beobachter nur zufällig dieses Phänomen wahrnahmen. Es waren namentlich die zwei französischen Aëronauten, Hauptmann Paul Rolier und Emil Cartailhac, welche von Paris aus im December 1870 abgereist, auf einem 1300 Meter hohen Berge Norwegens ihren Bal-

---

[1] M. Ihle am 28. Jänner, 22. März, 21. November 1840 (Poggend. Ann. 1843, Bd. 58, S. 33; Edinb. phil. J. 1843, Bd. 35, S. 384); C. A. Schumacher, nur dass im Winter und keine im Sommer (Jahn's Unterhalt. im Geb. d. Astron. u. s. w. 1851, S. 391); Petiton zu Neufundland (Mém. Soc. Sc. nat. Cherbourg 1854, Bd. 2, S. 204—205); T. F. Julius Schmidt (Grunert's Arch. f. Mathem. u. Phys. 1856, Bd. 26, H. 1. S. 76—77); Marcou in Nordamerika (Vierteljahrsch. d. Naturf. Ges. in Zürich, 1852, Bd. 2, H. 2); Olof Gunlogsen, wie das Geräusch einer elektrischen Maschine (Heis' Woch. f. Astr., Math. 1860, S. 155); J. P. Tromholdt (ebd. S. 237—238); Zirkel (ebd. S. 396—398).

lon herabliessen. Im Angesicht eines prächtigen Nordlichtes vernahmen sie einen für sie unerklärbaren Lärm, sowie auch einen schwefelartigen Geruch (C. R. Ac. Sc. J. 1871, Bd. 72, S. 712, Voyage en Ballon de Paris en Norvége, Toulouse 1871, 18°). Ob solcher Geruch vielleicht mit Ozonerzeugung etwas zu thun hat oder nicht, die Thatsache steht fest, dass bei sehr vielen Blitzschlägen solcher Gestank empfunden wurde.

Über den gehörten Luftlärm auf hohen Bergen mag hier Folgendes seinen Platz finden, da man auf Einwendungen gegen die erwähnten Beobachtungen sich gefasst machen muss. Steigt man namentlich auf mässig hohe Berge unfern einer grossen Stadt, wie zum Beispiel auf den Kahlenberg, oder schwebt man nicht zu hoch im Ballon, so vernimmt man vorzüglich bei günstigem Wind ein besonderes Geräusch. Glockengeläute vernimmt man selbst von doppelt so hohen Bergen. Wenn man aber auf viel höheren Bergspitzen steht und weit entfernt von grossen Städten ist, so herrscht gewöhnlich, besonders bei stillem Wetter, ein feierlicher Mangel an allem Geräusch. So habe ich es wenigstens auf allen von mir erklommenen hohen Bergen in den Alpen (Mont Cenis, Mole, Simplon, Grimsel, Albula), in Frankreich (Montdore, Cantal, Pyrenäen), in der Türkei (Kopaonik, Schar, Peklen, Glieb, Prokletia, Rilodagh, Balkan) u. s. w. gefunden. Nur auf hohen Kuppen neben Gletschern und Schneefeldern, wie um den Montblanc, den Grimsel u. s. w. nimmt man dann und wann den Lärm der niedergehenden Schneemassen oder der Spaltungen des Eises wahr. Alle Ersteiger der höchsten Gebirge bestätigen diese Thatsachen, und gibt es noch andere Ausnahmen, wie am Pic zu Teneriffa, so gehören besondere Umstände dazu.

Auf der anderen Seite lässt das menschliche Ohr leicht verschiedene Geräusche unterscheiden, wie zum Beispiel das der Meeresfluthen, das der Städte, das der Eisenbahnen, das der Explosionen, das des Donners, das des unterirdischen Donners, das Geheul der Winde, das Krachen der Bäume u. s. w. Wie kann man annehmen, dass der nüchterne gewissenhafte Necker auf Skye durch den ihm ganz genau bekannten Meereslärm sich hat täuschen lassen können? Woher konnte das Geräusch für

die erwähnten Franzosen herkommen? Wie ist es möglich, dass ein Hansteen sich irrte?

Dass das Geräusch nur in den Polarländern oder nahe daran vernommen wurde, ist doch eben so leicht erklärbar, als wir Blitze sehen ohne Donner zu hören, weil das Ungewitter zu weit ist. Gibt aber das Polarlicht ein Geräusch, so ist die ganze Theorie des Dr. Wolfert umsonst ersonnen. Ausserdem, wenn Blitzentladungen Lärm verursachen, warum sollte eine solche grossartige und andauernde Elektricitätsproduction kein Geräusch, obgleich in einer gewissen Höhe, verursachen? Viele Beobachter vergleichen auch den Nordlichtlärm mit dem wohlbekannten Knistern des Elektricitätsfluidums.

Auf den Einfluss des Nordlichtes auf die Schwankungen der Magnetnadel legt der Verfasser keinen Werth, weil diese Erscheinung nach ihm nicht constant ist, aber er forscht nicht nach den sehr möglichen vielfältigen Ursachen, welche diese Verschiedenheit hervorbringen kann. (Vergl. meine Notiz, S. 67, 69.)

Der Verfasser gibt selbst zu, dass im Jahre 1870 während eines Nordlichtes die Thätigkeit von Telegraphenlinien unterbrochen wurde, wie Matthieu es schon im Jahre 1848 beobachtete (Bull. univ. Genève. 1848, 4. F. Bd. 9. Archives, S. 300—302). Wenn er aber für das J. 1870 diese Erscheinung durch Erdbeben im griechischen Archipel sich erklärt, wie wenig stichhältig wird diese Erklärung für die zehn hier unten aufgeführten! [1]

---

[1]) Highton (Ac. d. Sc. 1849, 8. Jan. Suppl. Bibl. univ. Genève, Archiv. 1849, Bd. 10, S. 121); Neumayer, zu Melbourne den 29. August und 2. September 1859 (vide infra); Aug. Delarive, 2. September und 2. November 1859 (C. R. A. d. Sc. P. 1859, Bd. 49, S. 662, 665; L'Institut, 1859, S. 366, 367), den 29. August und 2. September 1859 in Frankreich (Woch. f. Astr., Meteor. 1860, S. 6—7); Bergon (C. R. Ac. Paris, 1859, Bd. 49, S, 365—369, L'Institut, 1859, S. 287, 295); Hipp in der Schweiz (Mitth. d. naturf. Gesellsch. in Bern, 1860, 1 Taf.); Schiman in den Vereinigten Staaten (Amer. J. of Sc. 1860, N. F. Bd. 29, Bibl. univ. Genève, 1860, N. F. Bd. 8, S. 142—146), den 14. December 1862 in Deutschland (Wochensch. f. Astr., Meteor. 1863, S. 15); Lacoine, den 5. April 1870 in der Türkei (C. R. Ac. Paris,

Das Sonderbarste aller seiner aphoristisch hingeworfenen Axiomen bleibt doch die Behauptung, „dass ein gleichzeitiges Auftreten von Nord- und Südlichtern kaum denkbar sei, es müsste denn gerade an der Tag- und Nachtgleiche selbst sein. Aber ein gleichzeitiges Beobachten beider ist nicht möglich, weil der Beobachter dann auf dem Äquator stehen müsste, wo aber ebenfalls erfahrungsmässig (nach ihm) Polarlichter niemals gesehen werden. Ein Fall von gleichzeitigem Auftreten beider Polarlichter soll 1783 in Rio beobachtet worden sein. Es wäre schon wunderbar, wenn ein Südlicht bis zum Wendekreis geleuchtet hätte, wenn auch nicht unmöglich; die Beobachtung eines gleichzeitigen Nordlichtes ist aber unbedingt irrig, und es kann dem nur eine Täuschung durch eine Fata morgana zu Grunde liegen."

Niemand hat wohl eine solche Behauptung wie die letztere aufgestellt, aber dennoch können zwei Beobachter gleichzeitig oder fast gleichzeitig Nord- und Südlichter sehen, aber das passte einmal nicht in die Theorie des Verfassers, darum dieser Widerspruch gegen eine nie gehegte Möglichkeit. Gibt er wahre Südlichter zu, so können sie nur zu gewissen Monaten des Jahres daselbst auftreten.

Wenn der Verfasser die gelehrten Männer, wie Austen, Neumayer, Poey, Rod. Wolf u. s. w. kennen würde, welche Nordlichter beobachtet haben, so hätte er sich wahrscheinlich nicht so ausgedrückt, obgleich er ganz gut die Ursachen auseinandersetzt, warum wir so wenige Beobachtungen über Südlichter besitzen, namentlich wegen der Ausdehnung des australischen Meeres und der kleinen Ausdehnung des Festlandes und der Menschenwohnungen jener Zone, sowie selbst ihrer Entfernung vom antarctischen Pole. Im Jahre 1856 fand ich in dieser Richtung nur die Äusserungen Simonoff's und Hopkin's, aber seitdem man sich mehr mit dem Gegenstand be-

---

1870, Bd. 72, S. 1008); G. R. Donati, Di alcuni fenomeni che si manifestarono sulle linie telegrafiche durante la grande Aurora boreale del 4. Febbrajo 1872. Florence 1872. 8; Herm. Hradaczky in Frankreich, Galizien u. s. w. (Zeitschr. öst. Ges. f. Nat. 1872, Bd. 7, S. 134 bis 136).

schäftigte, kamen folgende Beobachtungen ans Licht, namentlich die Austin's für vier Tage, vom 29. August 1859 an gerechnet, zu Melbourne (Dr. K. J. Clement, das grosse Nordlicht vom 29. Aug. 1859. 1860, S. 121, 127); die Studien Poey's für den 1.—2. September 1859 im Norden und in Chili im Süden (C. R. Ac. d. Sc. P. 1859, Bd. 49, S. 1009—1016; L'Institut, 1859, S. 413; Ann. Soc. mét. Fr. 1860, Bd. 8, S. 64—64); die Dr. Neumayer's für den 29. August und den 2. September 1859 zu Melbourne und 19 anderen Localitäten, und zu Wien (Heis, Wochenschr. für astr. Meteor. 1859, S. 375, 382—84, 387—392, und 1860, S. 37—38); den 19. October 1859 zu Dorpat und Melbourne; den 13. December 1859 zu Melbourne und Naugard (ebd. 1860, S. 124); die Rod. Wolf's (Astr. Mitth. Zürich 1866, Amer. J. of Sc. 1866); P. Regnoli, 25., 26. October 1870 in Australien und zu Athen (Österr. Zeitschr. f. Nat. 1871, Bd. 6, S. 77).

Mein Katalog der Südlichter-Beobachtungen hat sich seit 1856 bedeutend vergrössert, und besonders im Widerspruch mit dem Verfasser wurden diese Beobachtungen zu allen Jahreszeiten gemacht [1]. Dieser letztere Fall bliebe auch mittelst der besagten Theorie unerklärlich.

---

[1] Expédition de la Vénus (C. R. Ac. d. Sc.) Paris, 1840, Bd. 11, S. 317); Capit. Jam. Ross auf dem Erebus, den 12. November 1840, den 1., 2., 7., 25. und 30. März 1841; der Roy. Soc. L., den 16. Juni 1842 vorgelegt (Phil. Mag. 1842, Bd. 21, S. 227; Voy. of discovery a. Res. in South. a. antarctic Region. 1843, Bd. 1, Americ. J. of Sc. 1849. N. F. Bd. 8, S. 16—18); Dr. G. Neumayer 26 Südlichter in Australien, vom Jahre 1857—1858, namentlich im Jahre 1857 3., 17., 29. Jänner, 17. December, im Jahre 1858 9. und 24. April, 6. Mai, 4., 23. und 30. Juni, 3. und 30. Juli, 21. August, 20., 21. September, 10. October, 4., 23., 24. December; 1859 16. Jänner, 23., 24., 26. Februar, 21. April, 30. Mai, 8. Juni, 9., 11., 19. Juli, 18., 28., 29. August, 2. September, mehrere mit magnetischen Perturbationen (Heis' Woch. f. Astr. 1861, S. 31—34); Petermann's Geogr. Mitth. 1858, H. 6, S. 424—426). — Mehrere gleichzeitige Süd- und Nordlichter mit magnetischen Perturbationen (ebd. S. 296, 298—301, 305—308); Jouan (Mém. Soc. Sc. nat. de Cherbourg, 1861, Bd. 8, Abth. 15); Lucas am Cap Horn den 2. September 1859 (ebd. 1860, S. 61—62); Neumayer den 1. Juli 1864 (ebd. 1865, Bd. 8, S. 182), den 23.—24. October 1870 (ebd. 1872, S. 221—222, Zeitschr. öst. Ges. f. Nat.

Am Ende seiner Notiz scheint der Verfasser sich doch etwas zu besinnen und erkennt den Sonneneinfluss und selbst denjenigen der Sonnenflecken auf Elektricitätserregung an. Vergleichende Tabellen sollen eine gewisse Übereinstimmung in den zehn- oder eilfjährigen Perioden des Nordlichtes und der Sonnenflecken liefern, was nicht nur nicht unmöglich, sondern wahrscheinlich wäre, wenn man nur besonders die grösseren Nordlichterscheinungen berücksichtigt und Erdtemperaturdifferenzen von den Sonnenflecken abhängig zu machen berechtigt ist [1]. Nach ihm können leicht gemeinsame Ursachen gleichzeitig beide Wirkungen, das Polarlicht und elektrische Strömungen hervorrufen. Während Lichtstrahlen der Sonne das Nordlicht erzeugen, könnten Wärmestrahlen derselben elektrische Strömungen hervorrufen.

Was die Stunden von 8 Uhr Abends bis nach Mitternacht betrifft, wo die meisten Nord- und Südlichter erscheinen, so hängt dies wahrscheinlich mit dem täglichen Gang der Temperatur zusammen, während der Verfasser darin nur ein Argument für seine Lichttheorie finden möchte.

Übrig bleiben nur noch die Resultate der Spectral-Analyse als Entscheidungsmoment für die aufgestellten Theorien zu berücksichtigen. Nach dem Verfasser schiene das Licht der Nordlichter identisch mit dem Zodiakallichte erkannt wor-

---

1871, Bd. 6, S. 77); M. C. Moerlin den 8. Jänner, 1. Februar, 5. April, 20. Mai, 22. August, 24., 25., 30. September 1870, 21., 25., 26. October 9., 15., 17., 18., 19., 20., 21., 23., 24., 25., 26. November, 10., 16. und 17. December 1871, 13., 15., 20, 21. Jänner und 12. Februar mit magnetischen Perturbationen (ebd. S. 169); Neumayer im Jahre 1870 in Sidney (ebd. S. 225, 226); Dr. Ad. Bernh. Mayer den 24. September 1870, 44° südl. Br. u. 66° östl. L. (Zeitschr. öst. Gesellsch. f. Nat. 1871, Bd. 6, S. 155); Bishop, Lavado zu Porto Victoria, den 26. und 27. October 1870 (Bull. Soc. met. Fr. 1870, Nr. 12; Heis' Woch. 1872, S. 229).

[1] Siehe Dr. Wolf's in Zürich „Äusserungen im Jahre 1866", sowie Elias Loomis' „Comparison of the meam daily range of the magnetic declination with the number of Auroras observed each year and the extent of the black spots on the surface of the son." Newhaven. 1870. 8°. 1 Taf.

den zu sein, indem ihre Identität mit dem elektrischen Fluidum geleugnet wird.

Die bis jetzt gemachten Spectral-Experimente sind noch nicht geschlossen, obgleich man schon weiter als die ersten durch Angström [1] im Jahre 1868 angestellten unvollständigen Versuche (Rech. sur l'Aug. bor. Upsala. 4°. 6 Taf.) gekommen ist.

Ich gebe hier unten die Hauptbemerkungen dieser Art und halte besonders für wichtig Zöllner's und Oettinger's Abhandlungen, welche beide im Phänomen mehr als eine Materie betheiligt sehen, und die Wirkung vom elektro-magnetischen Fluidum auf erhitzte Gase mit in Rechnung ziehen. Näheres werden wir wahrscheinlich bald erfahren und dann auch sehen, welche Linien mit denjenigen gewisser Theile der Sonne coïncidiren, wie Zöllner es für die Linien im Grün muthmasst, dass sie mit den Linien der Sonnen-Protuberenz im Spectrum identisch sind. Windlock meint auch, dass drei grüne Linien mit Linien des Spectrums der Sonnenkrone coïncidiren, sowie Young sie bestimmt hat. Dies alles gibt aber keinen Beweis für die Regenbogen-Theorie, indem sie die elektro-magnetische Erklärung ganz und gar, anstatt mit ihr zu collidiren, eher un-

---

[1] J. A. Angström (Monochromatisches Licht wie das des Zodiakallichtes) (Pogg. Ann. 1869, Bd. 137, S. 161—163; Zeitschr. öst. Ges. f. Met. 1869, Bd. 4, S. 407; Heis' Wochensch. f. 1869, Bd. 12, S. 288; Phil. mag. 1869, 4. F. Bd. 38, S. 246—247). Durch Otto Struve bestätigt (Bull. Ac. St. Pet. 1869, Bd. 13), Struve und Wagner, Beob. des 19. April 1868 (ebd.); 1868, Mai (Mem. 1868). Heis' (Wochenschr. 1868, Bd. 11, S. 193 bis 196), Huggins (Astron. Notices u. Amer. J. of Sc. 1869, N. F. Bd. 48, S. 123, 404). John Bowring (Monthly Notices of the astron. Soc. 1870, 11. November; Phil. mag. 1871, N. F. Bd. 41, S. 79; Amer. J. of Sc. 1871. 3. F. Bd. 1, S. 215). A. J. Church (Chemic. News, 1870, Amer. J. of Sc. 1871, Bd. 8, S. 112). Winlock, W. Ed. Gibbs, Elgun Proctor, J. R. Capron u. Winlock (ebd.); Davis A. E. Erklärung der Beob. Angstroem (Phil. Mag. 1870, N. F. Bd. 40, S. 33—34); Dr. H. Vogel (Pogg. Ann. 1871, Bd. 143, Zeitschr. öst. Ges. f. Nat. 1871, Bd. 6, S. 382, 395; Bibl. univ. Genève, 1871, N. F. Bd. 40, S. 186; Rob. J. Ellery (Nature, 1871, 3. Aug.); Lord Lindley, ebd. 31. Aug.; Bibl. univ. Genève, 1871, Bd. 42, S. 318, 319; Gr. F. Barker, 9. November 1871 (Amer. J. of Sc. 1871, 3. F. Bd. 2, S. 465—468); F. Zöllner, Nachahmung mit den Geiss-

terstützen. In der Sonne finden wir nämlich vereinigt: Licht, Hitze, Magnetismus und unorganischen Chemismus.

---

ler'schen Röhren (Bericht k. sächs. Ges. d. Wiss. 1870, 31. October; Pogg. Ann. 1870, Bd. 141, S. 574—582, 1 Abbild.; Bibl. univ. Genève, 1871, Bd. 40, S. 274—276); Dr. A. J. v. Oettingen (Pogg. Ann. 1872, Bd. 146, S. 284—287).

Note über bestimmte Integrale.

Von Leopold Gegenbauer in Krems.

Entwickelt man die Functionen:

1.) $\varphi(x) = (1+kx^2)^{-(n+r+\frac{3}{2})}$.

2.) $\chi(x) = e^{xy}$

in die zwei nach den Functionen X_n^{2r+1} fortschreitenden Reihen:

3.) $\varphi(x) = \sum_{n_1=0}^{n_1=\infty} A_{n_1} , X_{n_1}^{2r+1} ,$

4.) $\chi(x) = \sum_{n_1=0}^{n_1=\infty} B_{n_1} , X_{n_1}^{2r+1} ,$

so erhält man für die Coëfficienten A_{n_1} und B_{n_1} die Gleichungen:

5.) $A_{2n} = \frac{(2r+4n+1)\,\Pi(2n)}{(2r+1)(2r+3)\ldots(2r+2n+1)2^n\Pi(n)} \cdot \frac{(-k)^n}{(1+k)^{n+\frac{1}{2}}}$

6.) $A_{2n+1} = 0$

7.) $B_n = (-i)^{r+n+\frac{1}{2}}(2r+2n+1)\,2^{r-\frac{1}{2}} y^{-(r+\frac{1}{2})}\,\Pi(r-\frac{1}{2})$

$$J_{(iy)}^{(r+n+\frac{1}{2})} ,$$

wo $J_{(z)}^{(\nu)}$ die Bessel'sche Function erster Art bezeichnet.

Man hat aber auch andererseits die Formeln:

8.) $A_{2n} = \left[\frac{\Pi(2r)}{2^r\Pi(r)}\right]^2 \cdot \frac{\Pi(2n)}{\Pi(2n+2r)} \cdot \frac{2r+4n+1}{2} \cdot$

$$\int_{-1}^{+1} \frac{(1-x^2)^r \cdot X_{2n}^{2r+1} \cdot dx}{(1+kx^2)^{n+r+\frac{3}{2}}}$$

9.) $$A_{2n+1} = \left[\frac{\Pi(2r)}{2^r \Pi(r)}\right]^2 \cdot \frac{\Pi(2n+1)}{\Pi(2n+2r+1)} \cdot \frac{2r+4n+3}{2} \cdot \int_{-1}^{+1} \frac{(1-x^2)^r \cdot X_{2n+1}^{2r+1} \cdot dx}{(1+kx^2)^{n+r+\frac{3}{2}}}$$

10.) $$B_n = \left[\frac{\Pi(2r)}{2^r \Pi(r)}\right]^2 \cdot \frac{\Pi(n)}{\Pi(n+2r)} \cdot \frac{2r+2n+1}{2} \cdot \int_{-1}^{+1} (1-x^2)^r \cdot e^{xy} \cdot X_n^{2r+1} \cdot dx.$$

Durch Vereinigung der letzten 6 Gleichungen findet man:

11.) $$\int_{-1}^{+1} \frac{(1-x^2)^r \cdot X_{2n}^{2r+1} \cdot dx}{(1+kx^2)^{r+n+\frac{3}{2}}} = \frac{2^{2r+1}\Pi(r+n)\,\Pi(r)}{(2r+2n+1)\,\Pi(n)\Pi(2r)} \cdot \frac{(-k)^n}{(1+k)^{n+\frac{1}{2}}}$$

12.) $$\int_{-1}^{+1} \frac{(1-x^2)^r \cdot X_{2n+1}^{2r+1} \cdot dx}{(1+kx^2)^{r+n+\frac{3}{2}}} = 0$$

13.) $$J_{(iy)}^{(n+r+\frac{1}{2})} = \frac{i^{r+n+\frac{1}{2}}\Pi(n)y^{r+\frac{1}{2}}}{2^{r+\frac{1}{2}}\Pi(r-\frac{1}{2})\Pi(n+2r)}\left[\frac{\Pi(2r)}{2^r\Pi(r)}\right]^2 \cdot \int_{-1}^{+1} (1-x^2)^r \cdot e^{xy} \cdot X_n^{2r+1} \cdot dx.$$

Führt man für die Functionen $X_{n_1}^{2r+1}$ die Differentialquotienten der Kugelfunctionen ein, so verwandeln sich diese Formeln in:

$$14.) \quad \int_{-1}^{+1} \frac{(1-x^2)^r [P_{(x)}^{(2n+r)}]^{(r)} dx}{(1+kx^2)^{n+r+\frac{3}{2}}} = \frac{2\Pi(r+n)}{(2r+2n+1)\Pi(n)} \cdot \frac{(-k)^n}{(1+k)^{n+\frac{1}{2}}}$$

$$15.) \quad \int_{-1}^{+1} \frac{(1-x^2)^r [P_{(x)}^{(2n+r+1)}]^{(r)} dx}{(1+kx^2)^{n+r+\frac{3}{2}}} = 0$$

$$16.) \quad J_{(iy)}^{(n+r+\frac{1}{2})} = \frac{i^{r+n+\frac{1}{2}} \Pi(n) y^{r+\frac{1}{2}} \Pi(2r)}{2^{2r+\frac{1}{2}} \Pi(r-\frac{1}{2}) \Pi(n+2r) \Pi(r)}$$

$$\int_{-1}^{+1} (1-x^2)^r \cdot e^{xy} \cdot [P^{(n+r)}]^{(r)} \cdot dx.$$

Setzt man in den Gleichungen 11.) und 14.) $r=0$, so erhält man die schon von Legendre entwickelte Formel:

$$17.) \quad \int_{-1}^{+1} \frac{P_{(x)}^{(2n)} \cdot dx}{(1+kx^2)^{n+\frac{3}{2}}} = \frac{2}{2n+1} \cdot \frac{(-k)^n}{(1+k)^{n+\frac{1}{2}}}.$$

Über das Intensitätsverhältniss und den Gangunterschied der bei der Beugung auftretenden senkrecht und parallel zur Einfallsebene polarisirten Strahlen.

Von **L. Ditscheiner.**

(Mit 1 Holzschnitte.)

Bei der Aufstellung der Intensitätsformeln für das gewöhnlich reflectirte und gebrochene Licht geht man von der Voraussetzung aus, dass die Lichtbewegung in der Trennungsebene so beschaffen sei, dass sie sowohl dem einen, wie auch dem anderen Medium angehörig betrachtet werden kann, und dass diese Gleichheit der Bewegung nicht nur für die Trennungsebene, sondern auch für der Trennungsebene sehr nahe gelegene Punkte gilt. Man nimmt dabei an, dass alle Lichtbewegung der einfallenden Welle nur zu jenen Lichtbewegungen Anlass gibt, welche in der gewöhnlich reflectirten und gebrochenen Welle zu finden sind, indem man von jenen Wellenbewegungen absieht, welche eine von den genannten verschiedene Fortpflanzungsrichtung besitzen, und welche allerdings, wenn es sich um die Untersuchung des von grösseren Flächen reflectirten Lichtes handelt, keinen massgebenden Einfluss auf die betreffenden Erscheinungen auszuüben scheinen. Anders gestalten sich aber die Verhältnisse, wenn man nicht nur die gewöhnlich gebrochenen und reflectirten Strahlen in das Bereich der Betrachtungen zieht, sondern die Untersuchungen auch ausdehnen will auf das bei der Reflexion und Brechung auftretende gebeugte Licht. Dann ist man gezwungen, nur einen Theil der einfallenden Welle als Erreger des gewöhnlich reflectirten und gebrochenen Lichtes zu betrachten, und für jedes Paar zusammengehöriger, d. i. im ersten und zweiten Medium sich fortpflanzender gebeugter Wellen einen Theil der Lichtbewegung

der einfallenden Welle zu reserviren. Wie gross diese Theilbewegungen der einfallenden Welle gegen einander sind, ist nicht leicht zu entscheiden, wohl aber auch, wenn es sich nur um das Intensitätsverhältniss der senkrecht und parallel zur Einfallsebene polarisirten Componenten der gebeugten Strahlen handelt, zu wissen nicht nothwendig. Aus diesen Gründen kann auch angenommen werden, dass bei der Herleitung der gewöhnlichen Reflexionsformeln keine Änderung einzutreten habe, wenn man dabei nur annimmt, dass die zur Erregung der reflectirten und gebrochenen Welle nothwendige Lichtbewegung nicht die ganze, sondern nur ein Theil der einfallenden Lichtbewegung ist. Eine andere Frage, die zunächst entschieden werden muss, ist die nach jenen Strahlen und Wellen, welche, je eine in einem Medium, als zusammengehörige betrachtet werden können, da ja sowohl im ersten als auch im zweiten Medium nach allen Richtungen sich solche gebeugte Elementarwellen fortpflanzen, welche durch ihre Interferenz erst zu den an bestimmten Stellen auftretenden Intensitäts-Maxima und Minima, wie solche etwa die Beugungsspectra der Gitter sind, Anlass geben, und es von vorneherein offenbar nicht leicht zu entscheiden, welche Wellen als zusammengehörig bezeichnet werden dürfen. Nach dem bereits bei einer früheren Gelegenheit [1] bewiesenen Satze, dass die bei der Reflexion an Glasgittern in Luft und Glas auftretenden $n$ten Beugungsspectra, welche auf derselben Seite des Einfallslothes liegen, so angeordnet sind, dass die Fortpflanzungsrichtungen der ihnen angehörigen gleichgefärbten Strahlen mit dem Einfallslothe Winkel bilden, welche dem gewöhnlichen Brechungsgesetze folgen, wird man annehmen können, dass überhaupt zwei dem gewöhnlichen Brechungsgesetze folgende gebeugte Strahlen, wenn dieselben nur auf derselben Seite des Einfallslothes liegen, wie dies ja auch bei dem gewöhnlich reflectirten und gebrochenen Strahlen der Fall ist, als zusammengehörige zu betrachten sind. Versteht man also unter i den Einfallswinkel, unter i' den Winkel, welchen ein im ersten Medium, und r den Winkel, welchen ein im zweiten Medium sich fortpflanzender gebeugter Strahl mit dem Einfallslothe bilden, vor-

[1] Sitzungsber. 60. Bd. pag. 570, II. Abth.

ausgesetzt, dass die beiden gebeugten Strahlen auf derselben Seite dieses Lothes liegen, ferner unter μ den Brechungsquotienten für beide Medien, so gilt für zusammengehörige gebeugte Strahlen folgende Relation:

$$\frac{\sin i'}{\sin r} = \mu. \qquad 1)$$

In ähnlicher Weise nun, wie man die gewöhnlichen Reflexionsformeln aus den für den einfallenden, gewöhnlich reflectirten und gebrochenen Strahl geltenden Bewegungsgleichungen unter Zugrundelegung der oben aufgestellten, für die in und nahe der Trennungsebene gelegenen Punkte ableiten kann, ist man nun auch im Stande, Formeln zu gewinnen für das Intensitätsverhältniss der bei der Beugung auftretenden senkrecht und parallel zur Einfallsebene polarisirten Componenten der ins erste Medium reflectirten und in das zweite Medium gebrochenen Strahlen, wenn man die oben angenommenen Bedingungen für die Trennungsebene oder ihr nahe liegende Punkte noch gelten lässt für einen Theil der einfallenden Welle und den von ihm erregten zusammengehörigen gebeugten Strahlen. Es ist dann selbstverständlich, dass diese beiden Bedingungen für die Trennungsebene auch noch gelten für das gesammte einfallende, reflectirte und gebrochene Licht.

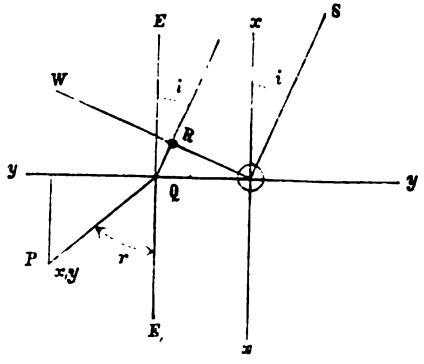
Bei der Ableitung der gewöhnlichen Reflexionsformeln ist man ferner noch gezwungen, entweder longitudinale oder sog. verschwindende Strahlen in beiden Medien anzunehmen, da man nur auf diese Weise zu Formeln gelangt, welche den Versuchsresultaten genügen. Das ist nun auch hier der Fall, und wir werden nebst den auftretenden transversalen gebeugten Strahlen noch longitudinale gebeugte Strahlen in jedem der vorhandenen Medien annehmen. Wir müssen auch hier diesen longitudinalen Strahlen eine verhältnissmässig grosse Geschwindigkeit zuschreiben und annehmen, dass deren Fortpflanzungsrichtungen, gegenüber dem Beugungswinkel der im ersten Medium reflectirten transversalen Welle, dem Brechungsgesetze folgen. Nennen wir nämlich für die transversalen Strahlen die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten im ersten und zweiten Medium r und r_1, ferner die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der lon-

gitudinalen Strahlen in denselben Medien v'' und $v_{,,}$, wobei sowohl v'' als auch $v_{,,}$ sehr gross gegen v und v_1 zu nehmen ist, so bestehen folgende Gleichungen:

$$\frac{\sin i'}{\sin i''} = \frac{v}{v''} \quad \text{und} \quad \frac{\sin i'}{\sin r_{,,}} = \frac{v}{v''} \qquad 2)$$

wobei i'' und $r_{,,}$ die Winkel sind, welche die Fortpflanzungsrichtungen der longitudinalen Strahlen mit dem Einfallslothe bilden. Es ist in Bezug auf diese Gleichungen gleichgiltig, ob man die Winkel i'' und $r_{,,}$ so misst, dass sie die Winkel, welche die Fortpflanzungsrichtung mit dem im zugehörigen Medium liegenden Theil des Einfallslothes oder mit dem im ersten Medium liegenden Theil des Einfallslothes bilden. In der Folge wollen wir aber diese letztere Annahme beibehalten.

Zur Aufstellung der Bewegungsgleichungen für einen Punkt der hier angenommenen und in Wirksamkeit tretenden Strahlen wollen wir zunächst einen Punkt der gebeugten transversalen Welle betrachten. Es sei zu diesem Behufe Oxy ein rechtwinkliges Coordinatensystem und die Trennungsebene beider Medien durch die Linie Oy repräsentirt, so zwar, dass Ox das Einfallsloth, Oxy die Einfallsebene ist. Ist SO der einfallende Strahl, so ist die auf SO senkrecht stehende OW eine Wellenebene. Für jeden Punkt derselben sei



$$\mathfrak{y} = \mathfrak{A} \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} t$$

die Bewegungsgleichung. Für den durch den Punkt P gehenden gebeugten Strahl besteht sonach die Gleichung

$$\mathfrak{y}_1 = \mathfrak{A}_1 \sin \frac{2\pi}{\tau} (t - t')$$

wobei t' die Zeit ist, welche die Wellenbewegung gebraucht hat, um von der Linie OW nach P zu gelangen. Der Weg, welchen die nach P kommende Wellenbewegung zurücklegt, ist durch die Linie PQR dargestellt, so dass unter EE' das im Punkte Q errichtete Einfallsloth verstanden, die Winkel

$$PQE_1 = r \quad \text{und} \quad RQE = i$$

sind. Bezeichnet man mit x und y die Coordinaten von P, so wird

$$PQ = \frac{x}{\cos r} \quad \text{und} \quad QR = (y - x \operatorname{tang} r) \sin i$$

und da PQ mit der Geschwindigkeit v_1, RQ aber mit jener v durchlaufen wird, so ist

$$t' = x\left(\frac{1}{v' \cos r} - \frac{\operatorname{tang} r \sin i}{v}\right) + \frac{y \sin i}{v}$$

und

$$\mathfrak{y}_1 = \mathfrak{A}_1 . \sin \frac{2\pi}{\tau}\left[t - \left(\frac{1}{v_1 \cos r} - \frac{\operatorname{tang} r \sin i}{v}\right)x - \frac{\sin i}{v} y\right]$$

oder anders geschrieben

$$\mathfrak{y}_1 = \mathfrak{A}_1 \sin \frac{2\pi}{\lambda_1}\left(v_1 t - \frac{\sin i' - \sin i \sin^2 r}{\sin i' \cos r} . x - \frac{\sin r}{\sin i'} \sin i . y\right)$$

wobei $\lambda_1 = v_1 \tau$ die Wellenlänge für die transversale Welle im zweiten Medium und

$$\frac{v_1}{v} = \frac{\sin r}{\sin i'}$$

gesetzt worden ist.

Setzen wir ausserdem in dieser Gleichung zur Abkürzung

$$m_1 = \frac{\sin i' - \sin i \sin^2 r}{\sin r \cos r} \qquad 3)$$

so erhält man

$$\mathfrak{y}_1 = \mathfrak{A}_1 \sin \frac{2\pi}{\lambda_1}\left(v_1 t - \frac{\sin r}{\sin i'} . m_1 x - \frac{\sin r}{\sin i'} \sin i . y\right)$$

Bezeichnet man mit φ_1 den Winkel, welchen die Schwingungsrichtung dieses Strahles mit der durch P senkrecht auf die Einfallsebene gezogenen Linie bildet, so sind die drei Componenten dieses Ausschlages parallel den drei Coordinatenaxen, wobei die z-Axe senkrecht auf Oxy durch O geht,

$$\xi_1 = \mathfrak{y}_1 \sin\varphi_1 \sin r$$

$$\eta_1 = -\mathfrak{y}_1 \sin\varphi_1 \cos r$$

$$\zeta_1 = \mathfrak{y}_1 \cos\varphi_1$$

oder wenn man setzt

$$\mathfrak{A}_1 \sin\varphi_1 = A_1 \quad \text{und} \quad \mathfrak{A}_1 \cos\varphi_1 = B_1 \qquad 4)$$

erhält man für die transversale gebrochene Welle folgende Werthe:

$$\xi_1 = A_1 \sin r \sin\frac{2\pi}{\lambda_1}\left(v_1 t - m_1 \cdot \frac{\sin r}{\sin i'} \cdot x - \sin i \cdot \frac{\sin r}{\sin i'} \cdot y\right)$$

$$\eta_1 = -A_1 \cos r \sin\frac{2\pi}{\lambda_1}\left(v_1 t - m_1 \cdot \frac{\sin r}{\sin i'} \cdot x - \sin i \cdot \frac{\sin r}{\sin i'} \cdot y\right) \qquad 5)$$

$$\zeta_1 = B_1 \sin\frac{2\pi}{\lambda_1}\left(r_1 t - m_1 \cdot \frac{\sin r}{\sin i'} \cdot x - \sin i \cdot \frac{\sin r}{\sin i'} \cdot y\right)$$

Für die einfallende Welle erhält man in gleicher Weise folgende Componenten:

$$\xi = A \sin i \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - \cos i \cdot x - \sin i \cdot y)$$

$$\eta = -A \cos i \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - \cos i \cdot x - \sin i \cdot y) \qquad 6)$$

$$\zeta = B \cdot \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - \cos i \cdot x - \sin i \cdot y)$$

Für die reflectirt gebeugte transversale Welle erhält man

$$\xi' = A' \sin i' \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + m'x - \sin i \,.\, y)$$

$$\eta' = A' \cos i' \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + m'x - \sin i \,.\, y) \qquad 7)$$

$$\zeta' = \quad B' \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + m'x - \sin i \,.\, y)$$

Für die beiden longitudinalen Wellen sind diese Componenten aber

$$\xi'' = A'' \cos i'' \sin \frac{2\pi}{\lambda''} \left(v''t - m'' \frac{\sin i''}{\sin i'} \,.\, x - \sin i \,.\, \frac{\sin i''}{\sin i'} \,.\, y \right)$$

$$\eta'' = A'' \sin i'' \sin \frac{2\pi}{\lambda''} \left(v''t - m'' \frac{\sin i''}{\sin i'} \,.\, x - \sin i \,.\, \frac{\sin i''}{\sin i'} \,.\, y \right) \qquad 8)$$

$$\zeta'' = 0$$

und

$$\xi_{,,} = A_{,,} \cos r_{,,} \sin \frac{2\pi}{\lambda_{,,}} \left(v_{,,}t - m_{,,} \frac{\sin r_{,,}}{\sin i'} \,.\, x - \sin i \,.\, \frac{\sin r_{,,}}{\sin i'} \,.\, y \right)$$

$$\eta_{,,} = A_{,,} \sin r_{,,} \sin \frac{2\pi}{\lambda_{,,}} \left(v_{,,}t - m_{,,} \frac{\sin r_{,,}}{\sin i'} \,.\, x - \sin i \,.\, \frac{\sin r_{,,}}{\sin i'} \,.\, y \right) \qquad 9)$$

$$\zeta_{,,} = 0$$

wobei λ'' und $\lambda_{,,}$ die Wellenlängen für die reflectirte und gebrochene longitudinale Welle bedeuten. Ferner ist

$$\begin{aligned} A &= \mathfrak{A} \sin \varphi & B &= \mathfrak{A} \,.\, \cos \varphi \\ A' &= \mathfrak{A}' \sin \varphi' & B' &= \mathfrak{A}' \,.\, \cos \varphi' \qquad 10) \\ A'' &= \mathfrak{A}'' & A_{,,} &= \mathfrak{A}_{,,} \end{aligned}$$

gesetzt werden, wobei $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{A}'$, $\mathfrak{A}''$ und $\mathfrak{A}_{,,}$, sowie φ und φ' dieselbe Bedeutung für die betreffenden Strahlen haben, wie $\mathfrak{A}_1$ und φ_1 für die transversale gebrochene Welle. Ferner ist gesetzt worden

$$m'' = \frac{\sin i' - \sin i \sin^2 i''}{\sin i'' \cos i''}$$

und 11)

$$m_{,,} = \frac{\sin i' - \sin i \sin^2 r_{,,}}{\sin r_{,,} \cos r_{,,}}$$

In Betreff der Winkel r, i'' und $r_{,,}$ ist zu bemerken, dass dieselben in der Weise gemessen werden müssen, dass man den Winkel des betreffenden Strahles mit jenem Theil des Einfallslothes nimmt, welcher im zweiten Medium liegt, während bei der Messung der Winkel i und i' der Winkel genommen wurde, welchen die Fortpflanzungsrichtung der einfallenden und transversalen reflectirten Welle mit dem im ersten Medium liegenden Theile des Einfallslothes bildet.

Wendet man die für die in und nahe der Trennungsebene liegenden Punkte P diese Gleichungen an, so hat man wegen der dabei einzuhaltenden Bedingungen sie in folgende Gleichungen zu substituiren:

$$\begin{aligned} \xi + \xi' + \xi'' &= \xi_1 + \xi_{,,} \\ \eta + \eta' + \eta'' &= \eta_1 + \eta_{,,} \\ \zeta + \zeta' + \zeta'' &= \zeta_1 + \zeta_{,,} \end{aligned} \qquad 13)$$

und

$$\begin{aligned} \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial \xi'}{\partial x} + \frac{\partial \xi''}{\partial x} &= \frac{\partial \xi_1}{\partial x} + \frac{\partial \xi_{,,}}{\partial x} \\ \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial \eta'}{\partial x} + \frac{\partial \eta''}{\partial x} &= \frac{\partial \eta_1}{\partial x} + \frac{\partial \eta_{,,}}{\partial x} \\ \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\partial \zeta'}{\partial x} + \frac{\partial \zeta''}{\partial x} &= \frac{\partial \zeta_1}{\partial x} + \frac{\partial \zeta_{,,}}{\partial x} \end{aligned} \qquad 14)$$

und nach erfolgter Substitution $x = 0$ zu setzen.

Dadurch erhält man sechs Gleichungen, aus welchen sich A', A_1, B' und B_1 sammt den zugehörigen etwa stattfindenden Gangunterschieden bestimmen lassen. Die Componenten ζ sind sämmtlich senkrecht, jene ξ und η parallel zur Einfallsebene, so dass die beiden ersten der Gleichungen 13) und 14) zur Be-

stimmung von A' und A_1, die dritten aber zur Bestimmung von B' und B_1 verwendet werden können.

Substituiren wir zunächst die aus den Gleichungen 5) bis 9) folgenden Werthe von ζ, ζ' und ζ_1, da ζ'' und $\zeta_{,,}$ beide 0 sind, in die dritten Gleichungen von 13) und 14), so erhält man, nach der Substitution und Differentiation $x=0$ gesetzt, folgende zwei Gleichungen

$$B + B' = B_1 \qquad 15)$$

$$B + \frac{m'}{\cos i} B' = \frac{m_1}{\cos i} B_1 \qquad 16)$$

aus welchen unmittelbar folgt, wenn statt B, B' und B_1, b, b' und b_1 gesetzt wird,

$$b' = -\frac{m_1 - \cos i}{m_1 + m'} . b \qquad \text{I}$$

$$b_1 = \frac{m' + \cos i}{m_1 + m'} . b \qquad \text{II}$$

wobei die bekannten Relationen

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{\sin i'}{\sin r}, \quad \frac{\lambda}{\lambda''} = \frac{\sin i'}{\sin i''} \text{ und } \frac{\lambda}{\lambda_{,}} = \frac{\sin i'}{\sin r_{,,}} \qquad 17)$$

zu berücksichtigen sind.

Für den Fall der gewöhnlichen Reflexion und Brechung welche auch hier bei der Beugung an Glasgittern im mittleren Spaltenbilde auftritt, hat man $i = i'$ zu setzen, so dass

$$m' = \cos i \quad \text{und} \quad m_1 = \frac{\sin i \cos r}{\sin r} \qquad 17$$

und

$$b' = -\frac{\sin (i - r)}{\sin (i + r)} . b$$

$$b_1 = \frac{2 \cos i \sin r}{\sin (i + r)} . b$$

wird; das sind aber Werthe, welche für die senkrecht zur Einfallsebene schwingenden Componenten nach der gewöhnlichen Fresnel'schen oder Cauchy'schen Ableitung erhalten werden und auf welche sich selbstverständlich unsere Gleichungen auch vereinfachen müssen.

Für die in der Einfallsebene schwingenden Componenten ergeben sich aus den ersten zwei Gleichungen der Systeme 13) und 14) nach Substitution der Werthe ξ, ξ', ξ'', η, η', η'' und ξ_1, $\xi_{,,}$, η_1 und $\eta_{,,}$ aus den Gleichungen 5) bis 9), und nachdem $x=0$ und die Relationen 17) eingeführt wurden, folgende vier Gleichungen

$$A+A'\frac{\sin i'}{\sin i}+A''\frac{\cos i''}{\sin i}=A_1\frac{\sin r}{\sin i}+A_{,,}\frac{\cos r_{,,}}{\sin i} \qquad 18)$$

$$A-A'\frac{\cos i'}{\cos i}-A''\frac{\sin i''}{\cos i}=A_1\frac{\cos r}{\cos i}-A_{,,}\frac{\sin r_{,,}}{\cos i} \qquad 19)$$

$$\begin{aligned} &A\sin i\cos i-A'm'\sin i'+A''m''\cos i'' \\ &=A_1m_1\sin r+A_{,,}m_{,,}\cos r_{,,} \end{aligned} \qquad 20)$$

$$\begin{aligned} &A\cos^2 i-A'm'\sin i'-A''m''\sin i'' \\ &=A_1m_1\cos r-A_{,,}m_{,,}\sin r_{,,} \end{aligned} \qquad 21)$$

Aus diesen vier Gleichungen kann man nun leicht folgende vier ableiten:

$$\begin{aligned} &A'\sin(i'+i)+A''\cos(i''-i) \\ &=A_1\sin(r-i)+A_{,,}\cos(r_{,,}-i) \end{aligned} \qquad 22)$$

$$\begin{aligned} &A'm'\sin(i'+i)-A''m''\cos(i''-i) \\ &=-A_1m_1\sin(r-i)-A_{,,}m_{,,}\cos(r_{,,}-i) \end{aligned} \qquad 23)$$

$$\begin{aligned} &2A\sin i\cos i+A'\sin(i'-i)+A''\cos(i''+i) \\ &=A_1\sin(r+i)+A_{,,}\cos(r_{,,}+i) \end{aligned} \qquad 24)$$

$$\begin{aligned} &2A\cos^2 i-A'm'\sin(i'-i)+A''m''\cos(i''+i) \\ &=A_1m_1\sin(r+i)+A_{,,}m_{,,}\cos(r_{,,}+i) \end{aligned} \qquad 25)$$

Die erste dieser Gleichungen erhält man durch Subtraction der Gleichungen 19) und 18), die dritte durch Addition derselben. Die zweite und vierte Gleichung ergeben sich aus den Gleichungen 20) und 21) durch Subtraction und Addition, nachdem erstere durch $\sin i \cos i$, letztere durch $\cos^2 i$ abgekürzt wurde.

Multiplicirt man die Gleichung 22) mit m'' und addirt dazu 23), multiplicirt man ferner 24) mit m'' und addirt dazu 25), so erhält man zwei neue Gleichungen, die A'' nicht mehr enthalten, und aus welchen durch Subtraction, nachdem erstere mit $\cos(r''+i)$, letztere mit $\cos(r''-i)$ multiplicirt wurde, auch noch $A_{,,}$ eliminirt werden kann, so dass man schliesslich eine nur mehr A' und A_1 enthaltende Gleichung erhält. Eine zweite solche Gleichung erhält man, wenn man die Gleichung 22) mit $\cos(i''+i')$ und 24) mit $\cos(i''-i)$ multiplicirt und beide addirt, ferner indem man 23) mit $\cos(i''+i)$ und 25) mit $\cos(i''-i)$ multiplicirt und diese zwei Gleichungen abzieht. Aus diesen so erhaltenen nur $A_{,,}$ enthaltenden Gleichungen eliminirt man auch dieses, indem man die erstere mit $m_{,,}$ multiplicirt und die zweite dazu addirt.

Die auf diese Art erhaltenen Gleichungen haben folgende Form:

$$2A \sin i \cos i . \cos(i''-i)(\cos i - m_{,,}) - A'(m_{,,}+m')M = A_1(m_{,,}-m_1)N \qquad 26)$$

$$2A \sin i \cos i \cos(r_{,,}-i)(\cos i - m'') + A'(m''+m')P = A_1(m''-m_1)Q \qquad 27)$$

wobei abkürzungsweise gesetzt ist:

$$M = \sin(i+i')\cos(i+i'') - \sin(i'-i)\cos(i''-i)$$

$$N = \sin(r-i)\cos(i+i'') - \sin(r+i)\cos(i''-i)$$

$$P = \sin(i+i')\cos(i+r_{,,}) - \sin(i'-i)\cos(r_{,,}-i)$$

$$Q = \sin(r-i)\cos(i+r_{,,}) - \sin(r+i)\cos(r_{,,}-i)$$

Aus diesen beiden Gleichungen kann man nun auch A' und A_1 bestimmen, und zwar erhält man zunächst das erstere in folgender Form:

$$A' = \frac{2\sin i \cos i[\cos(i''-i)(\cos i - m_{,,})(m''-m_1)Q - \cos(r_{,,}-i)(\cos i - m'')(m_{,,}-m_1)N]}{(m_{,,}+m')(m''-m_1)M \,.\, Q - (m''+m')(m_{,,}-m_1)P.N} A \qquad \text{III)}$$

Zur weiteren Vereinfachung dieser Gleichung benützen wir den Umstand, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten v'' und $v_{,,}$ der longitudinalen Strahlen so gross ist gegen jene der transversalen, dass wir Glieder, welche $\frac{v}{v''}$ und $\frac{v}{v_{,,}}$ in höheren als zweiten Potenzen enthalten, vernachlässigen können gegen jene, welche diese nicht enthalten. Da nach Gleichung 2)

$$\sin '' = \frac{v''}{v} \sin i'$$

so erhält man

$$\cos i'' = -\sqrt{1 - \frac{v''^2 \sin^2 i'}{v^2}} = -\frac{v''}{v} \sin i' \sqrt{1 - \frac{v^2}{v''^2 \sin^2 i'}} \sqrt{-1}$$
$$= -\frac{v''}{v} \sin i' \left(1 - \frac{v^2}{2v''^2 \sin^2 i'}\right) \sqrt{-1} \qquad 28)$$

$\cos i''$ ist hier negativ genommen, weil der hierher gehörige longitudinale Strahl im ersten Medium sich fortpflanzt und unter i'' der Winkel verstanden wurde, welchen seine Fortpflanzungsrichtung mit der im zweiten Medium liegenden Hälfte des Einfallslothes bildet. Führt man diese Werthe von $\sin i''$ und $\cos i''$ in die Gleichung 11) ein, so erhält man

$$m'' = \left[\frac{v^2}{2v''^2 \sin^2 i'} (2\sin i' - \sin i) - \sin i\right] \sqrt{-1} \qquad 29)$$

oder wenn man setzt

$$n = 2\sin i' - \sin i,$$

$$\frac{v^2}{2v''^2} = q'',$$

so erhält man

$$m'' = \left(n \cdot \frac{q''}{\sin^2 i'} - \sin i\right)\sqrt{-1} \quad \text{und} \qquad 30)$$

$$\cos i'' = -\frac{v''}{v}\sin i'\left(1 - \frac{q''}{\sin^2 i'}\right)\sqrt{-1} \qquad 31)$$

In ähnlicher Weise erhält man auch für die zweite longitudinale Welle

$$\begin{aligned} \sin r_{,,} &= \frac{v_{,,}}{v}\sin i' \\ \cos r_{,,} &= \frac{v_{,,}}{v}\sin i'\left(1 - \frac{q_{,,}}{\sin^2 i'}\right)\sqrt{-1} \end{aligned} \qquad 32)$$

$$m_{,,} = \left(\sin i - n\frac{q_{,,}}{\sin^2 i'}\right)\sqrt{-1} \qquad 33)$$

wobei

$$q_{,,} = \frac{v^2}{2v_{,,}^2}$$

gesetzt wurde.

Führt man die eben entwickelten Werthe für $\sin i''$, $\cos i''$, m'' und $\sin r_{,,}$, $\cos r_{,,}$ und $m_{,,}$ in die Gleichung III) ein, so erhält man durch eine mühsame Reduction [1] nach Vernachlässigung aller Glieder, welche höhere Potenzen von q'' und $q_{,,}$ oder deren Producte enthalten und nach vorgenommener Ordnung der Glieder nach reellen und imaginären Werthen

$$A' = \frac{R'(q''-q_{,,}) + (S' + T'(q''+q_{,,}))\sqrt{-1}}{R(q''-q_{,,}) + (S + T(q''+q_{,,}))\sqrt{-1}} A \qquad IV)$$

[1] Herrn Lehramtscandidaten Joh. Endlweber, welcher diese Reductionen mit mir gleichzeitig ausführte, sage ich hiemit meinen besten Dank.

Bezeichnet man mit φ_1 den Winkel, welchen die Schwingungsrichtung dieses Strahles mit der durch P senkrecht auf die Einfallsebene gezogenen Linie bildet, so sind die drei Componenten dieses Ausschlages parallel den drei Coordinatenaxen, wobei die z-Axe senkrecht auf Oxy durch O geht,

$$\begin{aligned}\xi_1 &= \mathfrak{y}_1 \sin\varphi_1 \sin r\\ \eta_1 &= -\mathfrak{y}_1 \sin\varphi_1 \cos r\\ \zeta_1 &= \mathfrak{y}_1 \cos\varphi_1\end{aligned}$$

oder wenn man setzt

$$\mathfrak{A}_1 \sin\varphi_1 = A_1 \quad \text{und} \quad \mathfrak{A}_1 \cos\varphi_1 = B_1 \qquad 4)$$

erhält man für die transversale gebrochene Welle folgende Werthe:

$$\begin{aligned}\xi_1 &= A_1 \sin r \sin\frac{2\pi}{\lambda_1}\left(v_1 t - m_1 \cdot \frac{\sin r}{\sin i'} \cdot x - \sin i \cdot \frac{\sin r}{\sin i'} \cdot y\right)\\ \eta_1 &= -A_1 \cos r \sin\frac{2\pi}{\lambda_1}\left(v_1 t - m_1 \cdot \frac{\sin r}{\sin i'} \cdot x - \sin i \cdot \frac{\sin r}{\sin i'} \cdot y\right) \qquad 5)\\ \zeta_1 &= B_1 \sin\frac{2\pi}{\lambda_1}\left(v_1 t - m_1 \cdot \frac{\sin r}{\sin i'} \cdot x - \sin i \cdot \frac{\sin r}{\sin i'} \cdot y\right)\end{aligned}$$

Für die einfallende Welle erhält man in gleicher Weise folgende Componenten:

$$\begin{aligned}\xi &= A \sin i \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - \cos i \cdot x - \sin i \cdot y)\\ \eta &= -A \cos i \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - \cos i \cdot x - \sin i \cdot y) \qquad 6)\\ \zeta &= B \cdot \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - \cos i \cdot x - \sin i \cdot y)\end{aligned}$$

Für die reflectirt gebeugte transversale Welle erhält man

$$(\alpha+\beta\sqrt{-1})\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x)=\sqrt{\alpha^2+\beta^2}\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x+\Phi')$$ [1]

einen Strahl von reeller Amplitude a' mit dem Gangunterschiede Φ' setzen, wobei

$$tang\frac{2\pi}{\lambda}\Phi'=\frac{\beta}{\alpha} \qquad 34)$$

ist. Darnach folgt, auch statt A den Buchstaben a gesetzt,

$$a'^2=\left(\frac{S'+T'q}{S+Tq}\right)^2\cdot\left(1-\left(\frac{R'}{S'+T'q}-\frac{R}{S+Tq}\right)^2 s^2\right)a^2$$

Da aber s als eine so kleine Grösse angenommen werden kann, dass jene Glieder, welche s^2 enthalten, vernachlässigt werden können, so wird

$$a'^2=\left(\frac{S'+T'q}{S+Tq}\right)^2 a^2$$

und somit

$$a'=-\frac{S'+T'.q}{S+T.q}a \qquad V)$$

Wir wählen hier für a' das negative Zeichen, weil bei gewöhnlicher Reflexion und streifender Incidenz für einen Gangunterschied $\Phi'=0$ a' dasselbe Zeichen haben muss, wie der zugehörige Werth b'.

Was den Gangunterschied anbelangt, so ist derselbe gegeben durch

$$tang\frac{2\pi}{\lambda}\Phi'=-\left(\frac{R'}{S'+T'.p}-\frac{R}{S+T.p}\right)s$$

oder, indem wir s sehr klein nehmen können, auch annähernd

$$tang\frac{2\pi}{\lambda}\Phi'=0$$

---

[1] Siehe Lang, Theoretische Physik, p. 235.

somit

$$\Phi' = 0, \quad \frac{\lambda}{2}, \quad \lambda, \quad \frac{3\lambda}{2} \ldots \qquad 35)$$

Wir werden $\Phi' = 0$ setzen, so oft im reflectirten Lichte a' negativ ist, und müssen dann $\Phi = \frac{\lambda}{2}$ setzen, so oft a' positiv ist.

Die Werthe, die wir auf diese Weise für a' und Φ' erhalten haben, sind in der That nur annähernde, weil eine Reihe von Gliedern bei deren Entwicklung vernachlässigt werden musste, die nicht so unendlich klein sind, dass ihr Hinweglassen ohne merklichen Einfluss auf das Endresultat wäre. Aber ohne diese Vernachlässigungen würden die Formeln eine Ausdehnung und eine Complication behalten, welche ihre Discussion und Verification in anderer Weise, wenn auch nicht geradezu unmöglich, so doch unendlich schwierig machen würde, so dass kaum etwas Anderes übrig bleibt, als sich mit dieser vielleicht verhältnissmässig geringen Annäherung zu begnügen.

Es ist zunächst zu zeigen, dass sich die Gleichungen IV) und V) in die für die gewöhnliche Reflexion geltenden umwandeln lassen. Zu diesem Behufe setzen wir in ihnen $i' = i$, und mit Berücksichtigung der schon angeführten Vereinfachungen durch Gleichung 17) erhalten wir

$$R' = 2\frac{\sin i}{\sin r}\sin(i-r)\sin(i+r)$$

$$S' = 0$$

$$T' = 2\frac{\sin i}{\sin r}\sin(i-r)\cos(i+r)$$

$$R = 2\frac{\sin i}{\sin r}\sin(i-r)\sin(i+r)$$

$$S = 0$$

$$T = 2\frac{\sin i}{\sin r}\sin(i+r)\cos(i-r)$$

wonach durch Substitution in Gleichung III), nachdem

$$p = \frac{s}{q} = \frac{q' - q_{,,}}{q_{,,} + q_{,,}}$$

gesetzt wurde, die bekannte Relation erhalten wird

$$A' = \frac{cotg(i+r) + p\sqrt{-1}}{cotg(i-r) - p\sqrt{-1}} A \quad ^1$$

die sich leicht auf die gewöhnliche Form der Cauchy'schen Gleichung bringen lässt.

Die Gleichung V) nimmt aber unmittelbar die Fresnel'sche Form an

$$a' = -\frac{tang(i-r)}{tang(i+r)} . a$$

Das Intensitätsverhältniss der senkrecht und parallel zur Einfallsebene polarisirten Componente wird aber im Versuche gegeben durch den Winkel φ', und da nach obigen Gleichungen 11)

$$tang\,\varphi' = \frac{A'}{B'} = \frac{a'}{b'}$$

wird, so erhält man, da auch $tang\,\varphi = \frac{a}{b}$ ist,

$$tang\,\varphi' = \frac{m_1 + m'}{m_1 - \cos i} \cdot \frac{S' + T'.q}{S + T.q} tang\,\varphi \qquad 36)$$

Ich muss hier bemerken, dass man geneigt sein könnte, der Gleichung V) wegen der grossen Werthe von v'' und $v_{,,}$ und der daraus folgenden Kleinheit von q, unter Vernachlässigung der q enthaltenden Glieder, die Form zu geben

$$a' = -\frac{S'}{S}$$

Siehe Lang, Theoretische Physik, p. 271.

Wenn man aber die aus dieser Formel gefundenen Werthe mit den Versuchsresultaten vergleicht, so überzeugt man sich bald, dass diese Form nicht gestattet ist, da q sich aus den Versuchen nicht als so klein ergibt, als dies vorausgesetzt werden müsste, und ausserdem S' und S in den der Mitte näher liegenden Spectra selbst sehr klein werden. Deshalb könnte man eher noch diese Werthe S' und S gegen $T'q$ und Tq vernachlässigen, was namentlich bei sehr nahe dem gewöhnlich reflectirten und gebrochenen Strahle liegenden Spectren gestattet ist, wie die oben für $i' = i$ gefundenen Werthe zeigen. Dadurch erhielte man die Gleichung

$$a' = -\frac{T'}{T}.$$

Aber auch diese Annäherungsformel gibt Werthe, welche besonders dann von den durch die Versuche gefundenen abweichen, wenn es sich um Spectra handelt, welche weiter von der Mitte ab liegen, was vornehmlich wieder bei Beugungsgitter mit geringer Spaltenbreite eintritt.

Eine Verwendung der im Obigen gegebenen und im Folgenden abgeleiteten Formeln für senkrechte Incidenz des einfallenden Lichtes, sowohl in Bezug auf das reflectirte, als auch in Bezug auf das durchgehende Licht kann selbst für die verhältnissmässig kleinen Beugungswinkel, wie sie unsere feinsten Beugungsgitter zeigen, nicht gestattet werden, weil im Obigen bei den Reductionen von $\cos i''$ und $\cos r_{,,}$ die höheren Potenzen von $\frac{v^2}{v''^2 \sin^2 i'}$ und $\frac{v^2}{v_{,,}^2 \sin^2 i'}$ nur vernachlässigt werden können, sobald $\sin i'$ nicht klein ist, was umsomehr zu berücksichtigen ist, als aus den Versuchen hervorgeht, dass v'' und $v_{,,}$ nicht wirklich sehr gross sind, somit schon bei nur etwas grösseren Werthen von i' $v''^2 \sin^2 i'$ und $v_{,,}^2 \sin^2 i'$ nicht mehr sehr gross gegen v^2 angenommen werden dürfen. Es hätte übrigens keine Schwierigkeit, die Reduction der Gleichung III) und IV) so vorzunehmen, dass sie für senkrechte Incidenz gelten, was aber, da hieher gehörige Versuche nicht vorliegen, nicht nothwendig erscheint.

Die oben gefundenen Gleichungen 26) und 27) geben aber auch A_1, d. i. die Amplitude des gebrochenen gebeugten Strahles. Man erhält nämlich

$$A_1 = \frac{2\sin i\cos i\big((m_{,,}+m')(\cos i - m_{,,})\cos(r_{,,}-i)M-(m''+m')(\cos i-m'')\cos(i''-i)P\big)}{(m_{,,}+m')(m''+m_1)M\,.\,Q-(m''+m')(m_{,,}-m_1)P.N}A \qquad \text{VI)}$$

Auf ganz dieselbe Weise wie für A' erhält man durch Einführung der modificirten Werthe für $\sin i''$, $\cos i''$, m'', $\sin r_{,,}$, $\cos r_{,,}$ und $m_{,,}$ und der Werthe für n, q'' und $q_{,,}$ folgende Gleichung:

$$A_1 = -\frac{R_1 s+(S_1+T_1 q)\sqrt{-1}}{R\,s+(S+T\,q)\,\sqrt{-1}}A \qquad \text{VII)}$$

wobei R, S und T, s und q die schon oben gegebenen Werthe besitzen, und

$$R_1 = \sin i\sin(i-i')(m'+\cos i) - n\sin(i+i')(\cos i - m')$$

$$S_1 = 2\sin^2 i'[\sin(i+i')(m'\cos i - \sin^2 i) - (m'+\cos i)\sin i\sin(i+i')]$$

$$T_1 = (m'+\cos i)(2\sin i\cos i\cos i' + n\cos(i+i')) + \\ + \sin(i+i')(\sin^2 i - m'\cos i + 2n\sin i)$$

ist. Nach Hinwegschaffung der imaginären Amplitude erhält man, da auch $A=a$ gesetzt werden kann und jene Glieder, welche s^2 enthalten, vernachlässigt werden,

$$a_1 = -\frac{S_1+T_1 q}{S+T\,q}a \qquad \text{VIII)}$$

und

$$tang\,\frac{2\pi}{\lambda}\Phi_1 = -\left(\frac{R_1}{S_1+T_1 q} - \frac{R}{S+Tq}\right)s$$

und wegen der Kleinheit von s annäherungsweise

$$\Phi = 0 \quad \text{oder} = \frac{\lambda}{2} \qquad 37)$$

Wir setzen in Übereinstimmung mit den Versuchen bei gewöhnlicher Brechung $\Phi = 0$, so oft a_1 positiv, also dasselbe Zeichen wie b_1 hat.

Die Formeln VII) und VIII) gehen ebenfalls in jene für die gewöhnlich gebrochenen Strahlen über, es wird nämlich für $i' = i$

$$R_1 = 0$$

$$S_1 = 0$$

$$T_1 = 4 \sin i \cos i$$

und in Berücksichtigung der für $i' = i$ oben gefundenen Werthe von R, S und T erhält man

$$A_1 = -\frac{2\cos i \sin r}{\sin(i+r)\cos(i-r)}(p\, tang(i-r)\sqrt{-1}-1)\, A$$

oder einfacher nach VIII) die gewöhnliche Fresnel'sche Formel

$$a_1 = -\frac{2\cos i \sin r}{\sin(i+r)\cos(i-r)}\, a.$$

Für den Winkel φ_1 erhält man

$$tang\, \varphi_1 = \frac{a_1}{b_1} = -\frac{m_1+m'}{m'+\cos i}\cdot\frac{S_1+T_1 \cdot q}{S+T \cdot q}\, tang\, \varphi \qquad 38)$$

Da diese gebrochenen gebeugten Strahlen im Glase nicht unmittelbar, sondern erst nach ihrem Austritte an der zweiten, der Gitterfläche parallelen Glasfläche untersucht werden können, so muss man noch die bei der Brechung an dieser Glasfläche eintretenden Intensitätsänderungen der senkrecht und parallel zur Einfallsebene polarisirten Componenten berücksichtigen. Da bei dieser Brechung der Einfallswinkel r, der Brechungswinkel i' ist, und nach Fresnel

$$tang\, \varphi_1' = \frac{tang\, \varphi_1}{\cos(i'-r)} \qquad 39)$$

angenommen werden kann, so ist der Winkel φ_1', welchen der aus der Gitterplatte austretende gebrochene oder durchgehende

gebeugte Strahl mit einer auf der Einfallsebene senkrechten Linie bildet, leicht zu berechnen. Gross sind diese Intensitätsänderungen bei der Brechung an der zweiten Glasfläche allerdings nicht, da aber auch im durchgehenden gebeugten Lichte dieselben Änderungen sehr klein sind, so kann im gebeugten Lichte schon durch diese Brechung eine solche Änderung eintreten, dass die Erscheinungen der reinen Beugung dadurch nicht unwesentlich modificirt werden.

In der oben für φ' [Gleichung 36)] gegebenen Formel lässt sich das q aus den Versuchen berechnen, da alle anderen darin vorkommenden Grössen aus Werthen berechnet werden können, die sich leicht bei den Versuchen messen lassen. Wenn wir voraussetzen, was auch bei den von mir früher ausgeführten Versuchen der Fall war, dass $\varphi = 45°$, also $a = b = 1$ ist, wenn wir ferner statt

$$-\frac{m_1 - \cos i}{m_1 + m'} tang\, \varphi' = b' tang\, \varphi'$$

den gleichen Werth a' substituiren, so wird, wie schon oben gegeben,

$$a' = -\frac{S' + T' . q}{S + T . q}$$

woraus sich ergibt

$$q = -\frac{a' . S + S'}{a' . T + T'} \qquad 40)$$

Bei der nach dieser Formel auszuführenden Berechnung von q hat man aber Rücksicht zu nehmen, ob a' negativ oder positiv in die Formel einzuführen ist, und darüber entscheidet der durch die Versuche gefundene Gangunterschied der parallel zur Einfallsebene schwingenden Componente a' gegen jene senkrecht zur Einfallsebene schwingenden b'. Ist dieser Gangunterschied 0, so hat a' dasselbe Vorzeichen zu erhalten wie b', und dies ist meist der Fall bei grösseren Werthen von i'; ist dieser Gangunterschied aber $\frac{\lambda}{2}$, so hat a' das entgegengesetzte

Vorzeichen wie b', was namentlich bei kleineren Beugungswinkel i' durch die Versuche constatirt ist.

Kennt man dann aus einer Reihe von Versuchen q, so kann man dann aus den bekannten Werthen von i, i' und r, S, S', S_1, T, T', T_1 und m_1 und m' berechnen und mit diesen dann sowohl φ' als auch φ_1 und φ_1' bestimmen.

In den folgenden Tabellen I. und II. sind für den Einfallswinkel $i = 60°$ und $i = 55°$, unter der Voraussetzung eines Brechungsquotienten $\mu = 1{\cdot}55$, die den daselbst angegebenen Beugungswinkel i' und r entsprechenden Werthe von S', S, S_1, T', T, T_1 und b_1 berechnet, sowie die aus dem durch die Versuche gefundenen Werthe von φ' berechneten Constanten q angegeben. Es zeigt sich hierbei, dass mit Ausnahme des einzigen Falles $i = 60°$ und $i' = 77°56$ q sich ziemlich constant ergibt, obwohl auch für $i = 55°$ und $i' = 45°1'$ q einen, wenn auch nicht sehr bedeutend grösseren Werth hat, wie in den übrigen Fällen. Es ist deshalb der zur Berechnung von φ' und φ_1 genommene Werth q der Mittelwerth aus allen hier vorkommenden Werthen von q, mit Ausnahme der, vielleicht durch Beobachtungsfehler bedingten, angedeuteten zwei abweichenden Werthen. Dieser Mittelwerth ist $q = 0{\cdot}377$.

I.

$\mu = 1{\cdot}55$ $\quad i = 60°$

$i' = 32°10'$	$S' = +0{\cdot}20147$		
$r = 20\ \ 5$	$S = +0{\cdot}54777$	$a' = +0{\cdot}16354$	
$\varphi' = 21\ \ 8$	$S_1 = -0{\cdot}22342$	$b' = -0{\cdot}42309$	$q = 0{\cdot}34890$
$\Phi' = \frac{\lambda}{2}$	$T' = -0{\cdot}32491$	$b_1 = +0{\cdot}57691$	
	$T = -3{\cdot}14657$		
	$T_1 = +1{\cdot}60005$		
$i' = 39°58'$	$S' = +0{\cdot}20280$		
$r = 24\ 29$	$S = +0{\cdot}57601$	$a' = +0{\cdot}12420$	
$\varphi' = 16\ 10$	$S_1 = -0{\cdot}24084$	$b' = -0{\cdot}42844$	$q = 0{\cdot}37581$
$\Phi' = \frac{\lambda}{2}$	$T' = -0{\cdot}32405$	$b_1 = +0{\cdot}57155$	
	$T = -3{\cdot}26869$		
	$T_1 = +1{\cdot}80571$		

$i' = 48°57'$	$S' = +0{\cdot}14613$		
$r = 29\ 7$	$S = +0{\cdot}44594$	$a' = +0{\cdot}03934$	
$\varphi = 5\ 10$	$S_1 = -0{\cdot}19379$	$b' = -0{\cdot}43508$	$q = 0{\cdot}43029$
$\Phi' = \frac{\lambda}{2}$	$T' = -0{\cdot}25429$	$b_1 = +0{\cdot}56492$	
	$T = -3{\cdot}20489$		
	$T_1 = -1{\cdot}88200$		
$i' = 60°\ 0'$	$S' = 0$		
$r = 33\ 58$	$S = 0$	$a' = -0{\cdot}03387$	
$\varphi' = 4\ 40$	$S_1 = 0$	$b' = -0{\cdot}43995$	
$\Phi' = 0$	$T' = -0{\cdot}09412$	$b_1 = +0{\cdot}56005$	
	$T = -2{\cdot}77880$		
	$T_1 = +1{\cdot}73205$		
$i' = 77°56'$	$S' = -0{\cdot}27574$		
$r = 39\ 7$	$S = -1{\cdot}86231$	$a' = -0{\cdot}12941$	
$\varphi' = 18\ 17$	$S_1 = +1{\cdot}02360$	$b' = -0{\cdot}39168$	$q = 0{\cdot}11241$
$\Phi' = 0$	$T' = +0{\cdot}17043$	$b_1 = +0{\cdot}60832$	
	$T = -1{\cdot}07037$		
	$T_1 = +0{\cdot}74787$		

II.

$\mu = 1{\cdot}55$ $\qquad$ $i = 55°$

$i' = 36°33'$	$S' = +0{\cdot}17167$		
$r = 22\ 36$	$S = +0{\cdot}48651$	$a' = +0{\cdot}14982$	
$\varphi' = 21\ 10$	$S_1 = -0{\cdot}19745$	$b' = -0{\cdot}38692$	$q = 0{\cdot}36771$
$\Phi' = \frac{\lambda}{2}$	$T' = -0{\cdot}19407$	$b_1 = +0{\cdot}61308$	
	$T = -3{\cdot}14397$		
	$T_1 = +1{\cdot}81635$		
$i' = 45°\ 1'$	$S' = +0{\cdot}12579$		
$r = 27\ 9$	$S = +0{\cdot}37104$	$a' = +0{\cdot}07352$	
$\varphi' = 10\ 40$	$S_1 = -0{\cdot}15838$	$b' = -0{\cdot}39036$	$q = 0{\cdot}45522$
$\Phi' = \frac{\lambda}{2}$	$T' = -0{\cdot}10379$	$b_1 = +0{\cdot}60964$	
	$T = -3{\cdot}16176$		
	$T_1 = +1{\cdot}94060$		
$i' = 55°\ 0'$	$S' = 0$		
$r = 31\ 54$	$S = 0$	$a' = +0{\cdot}02310$	
$\varphi' = 1\ 40$	$S_1 = 0$	$b' = -0{\cdot}39291$	
$\Phi' = \frac{\lambda}{2}$	$T' = +0{\cdot}06577$	$b_1 = +0{\cdot}60719$	
	$T = -2{\cdot}84727$		
	$T_1 = +1{\cdot}87939$		

$i' = 68°35'$	$S' = -0{\cdot}24251$		
$r = 36\ 55$	$S = -1{\cdot}06507$	$a' = -0{\cdot}07041$	
$\varphi' = 10\ 30$	$S_1 = +0{\cdot}53071$	$b' = -0{\cdot}37989$	$q = 0{\cdot}36179$
$\Phi' = 0$	$T' = +0{\cdot}33225$	$b_1 = +0{\cdot}62011$	
	$T = -1{\cdot}85753$		
	$T_1 = +1{\cdot}38554$		

Bei diesen Zusammenstellungen sind b' und b_1 nach den Gleichungen I und II, a' aber aus b' und dem durch die Versuche gefundenen Werthe von φ' und dem Gangunterschied Φ' bestimmt. Für die Werthe $i' = 60°$ in Tabelle I, und $i' = 55°$ in Tabelle II ist kein q angegeben, da dieses sich, wegen $S' = S = 0$ aus der obigen Gleichung nicht bestimmen lässt.

In den folgenden Tabellen III und IV sind für eben diese Einfallswinkel $i = 60°$ und $i = 55°$ nach den obigen Formeln V), VIII), 36), 38) und 39) unter Zugrundelegung des Mittelwerthes $q = 0{\cdot}377$ die Werthe von a', a_1, φ', φ_1 und φ_1' berechnet, und es zeigt sich eine mit den Versuchsresultaten genügende Übereinstimmung, selbst auch in jenen Fällen, welche früher einen Werth q geliefert haben, der sich ziemlich weit vom Mittel entfernt hält.

Diese Übereinstimmung kann umsomehr als eine für die Theorie genügende erachtet werden, als, wie ich dies bei Veröffentlichung der Versuche schon hervorgehoben, die beobachteten Werthe von i und φ', somit auch die daraus berechneten Werthe i' und r nicht so genau sind, als dies vielleicht nothwendig wäre, somit auch erhebliche Beobachtungsfehler in die Rechnung gezogen wurden, und andererseits auch die Formeln selbst, der bedeutenden Vernachlässigungen wegen, die bei ihrer Ableitung vorgenommen werden mussten, eine geringere Übereinstimmung von Versuch und Rechnung erwarten lassen.

III.

$q = 0{\cdot}377$ $\quad i = 60°$

i'	a'	φ' ber.	φ' beob.	Δ	a_1	φ_1	φ'_1	Φ'
32°10'	+0·12370	16°18'	21° 8'	−4°50'	+0·59484	45°52'40"	46°31' 0"	$\frac{\lambda}{2}$
39 58	+0·12286	16 0	16 10	−0 10	+0·67030	49 32 50	50 35 20	$\frac{\lambda}{2}$
48 57	+0·06593	8 37	5 10	+3 27	+0·67654	50 8 20	51 51 0	$\frac{\lambda}{2}$
60 0	−0·03387	4 24	4 35	−0 11	+0·62331	48 3 30	50 26 39	0
77 56	−0·09330	13 7	18 17	−4 53	+0·57618	43 26 50	50 10 10	0

IV.

$q = 0{\cdot}377$ $\quad i = 55°$

i'	a'	φ' ber.	φ' beob.	Δ	a_1	φ_1	φ'_1	Φ'
36°33'	+0·13750	19°59'	21°10'	−1°11'	+0·69608	48°37'40"	49°22'40"	$\frac{\lambda}{2}$
45 1	+0·10558	15 8	10 40	+ 4 28	+0·69825	48 52 30	50 16 30	$\frac{\lambda}{2}$
55 0	+0·02310	3 22	1 40	+ 1 42	+0·66007	47 23 30	49 46 0	$\frac{\lambda}{2}$
68 35	−0·06642	9 55	10 30	− 0 35	+0·59651	43 53 20	48 29 50	0

In diesen Zusammenstellungen III. und IV. sind die vorkommenden Werthe für a' und a_1 aus den Formeln V) und VIII) berechnet, Φ' und Φ_1 ergeben sich aus den a', a_1, b' und b_1 zukommenden algebraischen Vorzeichen nach den bereits oben gemachten Bemerkungen. Die nach Gleichung 36) und 38) berechneten Werthe von φ' weichen wohl öfter fast um 5° von den beobachteten ab, aber diese verhältnissmässig grosse Differenz ist, wie schon oben hervorgehoben wird, noch kein Beweis gegen die Verwendbarkeit der entwickelten Theorie. Die Werthe φ_1 und φ_1' weichen für die gebeugten Strahlen wenig von jenen für die gewöhnlich gebrochenen ab, ein Rechnungsresultat, welches mit den bisher gemachten Versuchen wohl im Einklange steht. Bemerkenswerth erscheint übrigens, dass die für die Beugungswinkel gefundenen Werthe φ_1 und φ_1' bald grösser, bald kleiner sind, als der dem gebrochenen Strahle entsprechende Winkel φ_1, je nach der Richtung des gebeugten Strahles, ein Umstand, der vielleicht nicht ohne Einfluss geblieben ist bei den Versuchen von Stokes und Holtzmann. Für die ferner im gebrochenen Lichte von mir in Aussicht genommenen Versuche wird es aber besser sein, das Gitter dem Beobachter und nicht dem einfallenden Lichte zuzukehren, ein Fall, der sich aus unseren Formeln leicht rechnen lässt, wenn man eben unter i den Einfallswinkel in Glas, unter i' den Beugungswinkel in Glas, und unter r jenen in Luft versteht, wo dann selbstverständlich zu setzen ist

$$\frac{\sin r}{\sin i'} = \mu = 1 \cdot 55.$$

Bei diesen Versuchen wird man dann nur die Änderung des Winkels φ bei der an der ersten Glasfläche auftretenden Brechung des einfallenden Strahles zu berücksichtigen haben, wodurch sich selbstverständlich in den gebeugten Strahlen die durch die Beugung eintretenden Intensitätsänderungen weniger modificirt durch die Brechung zeigen, wie dies bei den hier gerechneten Werthen von φ_1' der Fall ist. Von den Gangunterschieden bemerke ich hier, dass sie durch die Rechnung mit den durch die Versuche gefundenen vollkommen übereinstimmen.

Die folgenden Tabellen beziehen sich auf die Einfallswinkel $i=50°$ und $i=40°$ und haben die in ihnen vorkommenden Grössen dieselben Bedeutungen, wie in den Zusammenstellungen I bis IV.

V.

$\mu=1\cdot55$ $\quad i=50°$

$i'=32°52'$	$S'=+0\cdot14035$			
$r=20\ 30$	$S=+0\cdot38314$	$a'=+0\cdot17529$		
$\varphi'=26\ 30$	$T'=-0\cdot09194$	$b'=-0\cdot35158$		$q=0\cdot33730$
$\Phi'=\frac{\lambda}{2}$	$T=-2\cdot98087$			
$i'=40°51'$	$S'=+0\cdot10582$			
$r=24\ 57$	$S=+0\cdot34276$	$a'=+0\cdot10788$		
$\varphi'=16\ 35$	$T'=-0\cdot14307$	$b'=-0\cdot36225$		$q=0\cdot30270$
$\Phi'=\frac{\lambda}{2}$	$T=-3\cdot03848$			
$i'=50°\ 0'$	$S'=\ 0$			
$r=29\ 37$	$S=\ 0$	$a'=+0\cdot05408$		
$\varphi'-10\ 48$	$T'=+0\cdot19469$	$b'=-0\cdot35410$		
$\Phi'=\frac{\lambda}{2}$	$T=-3\cdot59839$			
$i'=61°23'$	$S'=-0\cdot02225$			
$r=34\ 30$	$S=-0\cdot51639$	$a'=+0\cdot03372$		
$\varphi'=\ 7\ 3$	$T'=+0\cdot12001$	$b'=-0\cdot27265$		$q=0\cdot01639$
$\Phi'=\frac{\lambda}{2}$	$T=-2\cdot23440$			

VI.

$q=0\cdot320$ $\quad i=50°$

i'	a'	φ' ber.	φ' beob.	Δ	Φ'
$32°52'$	$+0\cdot19436$	$28°56'$	$26°30'$	$+2°26'$	$\frac{\lambda}{2}$
$40\ 51$	$+0\cdot09537$	$14\ 45$	$16\ 35$	$-1\ 50$	$\frac{\lambda}{2}$
$50\ 0$	$+0\cdot05408$	$8\ 41$	$10\ 48$	$-2\ 7$	$\frac{\lambda}{2}$
$61\ 23$	$+0\cdot01311$	$2\ 45$	$7\ 3$	$-4\ 18$	$\frac{\lambda}{2}$

Man ersieht aus diesen Tabellen, dass die Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung auch nicht grösser sind, als für die Einfallswinkel 55° und 60°, aber es ist hervorzuheben, dass für den Beugungswinkel $i' = 61°23'$, ähnlich wie in I, q viel kleiner wird, als für kleinere Beugungswinkel, und dass, wenn man den Werth φ' mit einem grösseren $q(=0\cdot32)$ rechnet, sich die Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung nicht mehr so hinreichend ergibt, wie dies in den früheren Fällen noch eingetreten. Worin der Grund dieser Abweichung, welche sich noch auffallender in dem folgenden Falle zeigt, da selbst für den Einfallswinkel $i=40°$ und den Beugungswinkel $i' = 60°\,3'$ aus der Rechnung sich ein anderer Gangunterschied, wie ihn die Beobachtung ergeben hat, sich zeigt, kann ich heute nicht angeben. Möglich, dass für grössere Beugungswinkel die Formeln wegen der eingetretenen Vernachlässigungen nicht mehr den Thatsachen so entsprechen, wie bei verhältnissmässig kleineren, möglich auch, dass die Beobachtungen, die für so grosse Beugungswinkel, wegen der geringen Intensität der stark abgelenkten Beugungsspectra, verhältnissmässig schwierig sind, in dieser Beziehung mangelhaft sind, möglich aber auch, dass bei grösseren Beugungswinkeln der Einfluss, welcher die nach den bisherigen Annahmen noch immer vernachlässigten, im Glase noch auftretenden gebeugten Strahlen, denen dem Brechungsgesetze zu Folge keine in Luft reflectirten zugehörigen gebeugten Strahlen mehr entsprechen, auf die Erscheinung nehmen, so massgebend ist, dass hiedurch die angedeutete Differenz begründet werden kann. Über diese Thatsache und darüber, ob q für andere Einfallswinkel einen anderen Werth hat, wie dies nach den bisher gegebenen der Fall zu sein scheint, können wohl nur fortgesetzte Beobachtungen, die mit einem grösseren Grade der Genauigkeit ausgeführt sind, entscheiden.

VII.

$\mu = 1\cdot55$ $\quad i = 40°$

$i' = 24°47'$ $\quad S' = +0\cdot09403$

$r = 15\ 41$ $\quad S = +0\cdot21507$ $\quad a' = +0\cdot20921$

$\varphi' = 33\ 24$ $\quad T' = +0\cdot16760$ $\quad b' = -0\cdot31728$ $\quad q = 0\cdot37605$

$\Phi' = \frac{\lambda}{2}$ $\quad T = -2\cdot57325$

$i' = 32° 4'$	$S' = +0·06708$		
$r = 20 2$	$S = +0·22695$	$b' = -0·29615$	
$\varphi' = 26 23$	$T' = +0·16134$	$a' = +0·14690$	$q = 0·41593$
$\Phi' = \frac{\lambda}{2}$	$T = -2·69186$		

$i' = 40° 0'$	$S' = 0$		
$r = 24 30$	$S = 0$	$a' = +0·13229$	
$\varphi' = 23 50$	$T' = +0·35665$	$b' = -0·29608$	
$\Phi' = \frac{\lambda}{2}$	$T = -2·69605$		

$i' = 48°58'$	$S' = -0·14507$		
$r = 29 7$	$S = -0·40063$	$a' = +0·08974$	
$\varphi' = 19 0$	$T' = +0·61917$	$b' = -0·26063$	$q = 0·47934$
$\Phi' = \frac{\lambda}{2}$	$T = -2·69144$		

$i' = 60° 3'$	$S' = -0·40482$		
$r = 33 59$	$S = -1·44750$	$a' = +0·08835$	
$\varphi' = 17 0$	$T' = +0·96827$	$b' = -0·28833$	$q = 0·24996$
$\Phi' = \frac{\lambda}{2}$	$T = -1·59731$		

VIII.

$q = 0·380$ $\quad$ $i = 40°$

i'	a'	φ' ber.	φ' beob.	Δ	Φ'
24°47'	+0·20614	33° 4'	33°24'	− 0°20'	$\frac{\lambda}{2}$
32 4	+0·16119	28 33	26 23	+ 2 10	$\frac{\lambda}{2}$
40 0	+0·13229	24 5	23 50	+ 0 15	$\frac{\lambda}{2}$
48 58	+0·06348	13 41	19 0	− 5 19	$\frac{\lambda}{2}$
60 3	−0·01788	3 33	17 0	−13 27 ? 0?	

Der Anblick dieser Zusammenstellung bestätigt das oben Gesagte. Die grossen Differenzen der Werthe q aus den einzelnen Beobachtungen und in Folge dessen die geringe Übereinstimmung der aus einem Mittelwerthe q gerechneten φ' mit den beobachteten, dürfte auf die den Versuchen anhaftenden Beobachtungsfehler, zum Theile wenigstens, zu schieben sein. Darüber können übrigens nur neue Versuche entscheiden.

Schliesslich bemerke ich noch, dass man zu ähnlichen Näherungsformeln gelangen kann, wenn man, wie dies Fresnel und Neumann gethan haben, von der Gleichheit der Bewegung in der Trennungsebene und von der Gleichheit der lebendigen Kraft in der einfallenden Welle einerseits und den zusammengehörigen gebeugten Wellen andererseits ausgeht, welche jedoch von einander verschieden, weit weniger den Versuchen, nach den wenigen von mir bisher ausgeführten Rechnungen, entsprechen, als dies bei den oben gegebenen Formeln der Fall ist, aber es scheint, als ob die nach Neumann's Grundhypothese abgeleiteten besser sich den Versuchen anpassen, als jene nach den Fresnel'schen Voraussetzungen. Auf diese Frage hoffe ich noch bei einer anderen Gelegenheit zurückkommen zu können, wie auch auf die Frage, ob die Schwingungsrichtung des linearpolarisirten Lichtes durch diese Beugungserscheinungen festgestellt werden kann oder nicht.

Über eine durch schwefelhältiges Mineralwasser bewirkte Veränderung von Gusseisen.

Von Dr. **E. Priwoznik,**
Hauptmünzamt-Chemiker.

Die im LXV. Bande der Sitzungsberichte veröffentlichte Mittheilung über die Veränderung einer Bronze beim langen Liegen in der Erde veranlasste Herrn A. Jarolimek, Director der Nadelfabrik in Hainburg, mich von einer auffallenden Veränderung in Kenntniss zu setzen, die derselbe an einer eisernen Röhre beobachtete, welche nahe an zwölf Jahre in der Erde lag und zur Beförderung des an Schwefelwasserstoff reichen Mineralwassers nach dem, eine halbe Stunde von Hainburg gelegenen Bade Deutsch-Altenburg diente.

Ein Bruchstück des Rohres zeigte eine deutlich wahrnehmbare ungleichartige Schichtung, was mich zur näheren Untersuchung desselben bewog, zumal es nach Gmelin[1] einem Zweifel unterliegt, ob ein starkes Rosten bei gusseisernen Wasserleitungen, welches nur selten vorkommt, in einer eigenthümlichen Zusammensetzung des Roheisens, oder in der Einwirkung der im Wasser gelösten Stoffe begründet ist.

An der frischen Bruchfläche des Röhrenstückes, dessen Durchmesser 4·5 Cm. und dessen Wandstärke an der dicksten Stelle 12, an der dünnsten aber nur 7 Mm. beträgt, sind drei ungleichartige und scharf von einander abgegrenzte Schichten leicht erkennbar.

Die erste, innere und zugleich dünnste Schichte, deren Dicke sehr ungleich ist, indem sie an der dicksten Stelle nur

---

[1] Handbuch d. Chem. Aufl. IV, Bd. III, p. 176.

3 Mm. beträgt, ist von brauner Farbe und erdigem Aussehen. Dieselbe ist von der zweiten Schichte leicht zu trennen und enthält geringe Mengen von Schwefelwasserstoff eingeschlossen, wie sich beim Zerreiben durch den Geruch wahrnehmen lässt. Sie zeigt einen braunschwarzen Strich und verliert im gepulverten Zustande bei 110° C. 0·57 Pct. Wasser. Bei stärkerem Erhitzen gibt sie noch Wasser ab; später entwickelt sich Schwefelwasserstoff und endlich destillirt Schwefel über. Von verdünnter Salzsäure wird sie theilweise aufgelöst und zwar anfangs unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas, später riecht das Gas wie das gewöhnlich beim Auflösen des Roheisens auftretende. Es bleibt eine ansehnliche Menge eines fast schwarzen Pulvers zurück, welches an Schwefelkohlenstoff 12·29 Pct. Schwefel abgibt. Der Rückstand, welcher noch 7·94 Pct. Eisen enthält, löst sich, nachdem er im Wasserstoffgase reducirt wurde, in Salzsäure und hinterlässt nur geringe Mengen von Kieselsäure und Kohle. Die Lösung von der ersten Behandlung der Substanz mit Salzsäure enthält 43·48 Pct. Eisen und geringe Mengen von Magnesia.

Zur Bestimmung des chemisch gebundenen Schwefels wurde das bei der Einwirkung von verdünnter Salzsäure sich entwickelnde Gas durch eine alkalische Lösung von essigsaurem Bleioxyd geleitet, das gebildete Schwefelblei mit Salpeter und kohlensaurem Natron geschmolzen und in schwefelsauren Baryt umgewandelt, dem 1·63 Pct. Schwefel entsprechen.

Neben den genannten Körpern wurden in der ersten Schichte noch Sauerstoff, geringe Mengen von Nickel und Kobalt, Kieselsäure in beiden Modificationen, Magnesia und Spuren von Ammonium- und Natriumchlorid nachgewiesen.

Die quantitative Analyse derselben ergab in 100 Theilen:

Eisenoxydhydrat $[\overset{VI}{Fe}_2)_2\Theta_3(\Theta H)_4]$	81·08
Schwefel im freien Zustande	12·29
Schwefeleisen	4·48
Wasser, hygroskopisches	0·57
Nickel, Kobalt, Magnesia, lösliche und unlösliche Kieselsäure, Spuren von Kohlenstoff, Ammonium- und Natriumchlorid und Verlust .	1·58
	100

Die erste, innere Schichte besteht also der Hauptmasse nach aus einem innigen Gemenge von Eisenoxydhydrat mit Schwefeleisen und Schwefel. Dieses Eisenoxydhydrat besitzt die Formel

$$2Fe_2O_3,\ 3HO = (\overset{VI}{Fe_2})_2\Theta_3(\Theta H)_6$$

und ist identisch mit dem Brauneisenstein oder Limonit.

Nach den Beobachtungen von Wittstein entsteht es auch aus dem gefällten, amorphen und normalen Eisenoxydhydrat, wenn es längere Zeit im Wasser aufbewahrt wird.

Es ist daher möglich, dass auch beim Rosten des Eisens ein Stadium eintritt, wo sich normales Eisenoxydhydrat bildet, welches bei langer Berührung mit Wasser nach der bekannten Gleichung

$$2[Fe_2(\Theta H)_6] - 3H_2\Theta = (Fe_2)_2\Theta_3(\Theta H)_6$$

in Limonit übergeht.

Lässt man Wasser von der genannten Mineralquelle kurze Zeit an der atmosphärischen Luft stehen, so wird es durch ausgeschiedenen Schwefel milchig. Am Grunde des Brunnens und an allen unter dem Wasser stehenden Bestandtheilen des Schöpfwerkes findet man einen dunklen schleimigen Niederschlag, in welchem Schwefeleisen sich nachweisen lässt.

Die oben angeführte Analyse liefert daher den Beweis, dass sich diese Niederschläge auch in den Leitungsröhren bilden und mit dem entstandenen Eisenoxydhydrat innig gemengt an gewissen Stellen als eine dichte und fest anhaftende Kruste absetzen.

Die zweite und mittlere Schichte nimmt an manchen Stellen die halbe Dicke der Röhrenwand ein, ja sie ist theilweise ganz allein vorhanden. Sie besitzt eine vom grauen Roheisen oder Gusseisen ganz verschiedene, blättrig-krystallinische Textur, lässt sich leicht in Stücke zerschlagen und im Stahlmörser pulvern. Bei genauer Besichtigung stellt sich diese Schichte wieder aus zwei verschiedenen Lagen bestehend dar, von welchen die innere einen etwas dunkler grauen Farbenton besitzt, als die äussere. Ihr Strich ist dem des käuflichen Schwefeleisens vollkommen gleich. Es schien daher möglich, dass die beschriebene

Structurveränderung in einem Gehalte von Schwefeleisen seinen Grund haben könne.

Das bei der Einwirkung von verdünnter Salzsäure auf diese Substanz sich entwickelnde Gas gab indess in einer alkalischen Lösung von essigsaurem Bleioxyd nur ganz geringe Mengen von Schwefelblei.

Die Ursache dieser eigenthümlichen Structur kann daher einem Gehalte von Schwefeleisen nicht zugeschrieben werden.

Zur Bestimmung des Eisens in der zweiten Schichte wurden 0·608 Grm. Substanz in verdünnter Salzsäure aufgelöst. Der unlösliche Theil gab nach Entfernung des Kohlenstoffes durch Verbrennung im Sauerstoffgase und darauffolgender Reduction im Wasserstoffgase das Eisen an Chlorwasserstoffsäure gänzlich ab. Nach Entfernung der Kieselsäure geschah die Trennung des Eisens vom Mangan durch essigsaures Natron. Die Bestimmung ergab 0·481 Grm. Eisenoxyd oder 79·2 Pct. Eisen.

Die dritte, äussere Schichte erkennt man an dem vollkommen metallglänzenden und feinkörnigen Bruche sogleich als unverändertes graues Roheisen. Es gab in 0·488 Grm. nach derselben Trennungsmethode 0·452 Grm. Eisenoxyd, d. i. 92·6 Pct. Eisen und enthält daher um 13·4 Pct. Eisen mehr, als die vorhergehende Schichte.

Schliesslich wurden gleiche Gewichtsmengen von beiden Schichten mit neutralem Kupferchlorid behandelt, um die aus Graphit und Kohle bestehenden Rückstände ihrer Menge nach mit einander vergleichen zu können. Dabei ergab sich, dass der Kohlenstoffgehalt in der zweiten Schichte viel grösser ist, als in der dritten.

Die Mineralquelle von Deutsch-Altenburg[1] ist reich an Schwefelwasserstoff und enthält namhafte Mengen von Chlornatrium. Überdies sind in derselben noch enthalten Kohlensäure, kohlensaure Magnesia, kohlensaurer Kalk, schwefelsaurer Kalk, Chlorcalcium, Chlormagnium, schwefelsaures Natron, Kieselsäure und geringe Mengen von Jodnatrium.

---

[1] Das Bad Deutsch-Altenburg v. Dr. Kreuziger, p. 45.

Das Verhalten von mehreren dieser Bestandtheile gegen Eisen ist bereits ermittelt. So fand Payen[1], dass bei der Einwirkung eines Gemisches von lufthaltigem Wasser, Kochsalz und kohlensaurem Natron auf Gusseisen die Oxydation schon nach einer Minute beginnt, wobei zuerst weissliches Eisenoxydulhydrat gebildet wird, welches sich zunächst in Eisenoxyduloxydhydrat und endlich in Oxydhydrat verwandelt. Eine Lösung von Kochsalz allein wandelt das Eisen schon in Einfach-Chloreisen um.

Nach Bonsdorff befördert Schwefelwasserstoffgas das Rosten des Eisens, indem sich Einfach-Schwefeleisen bildet, welches sich in schwefelsaures Eisenoxydul umwandelt. Deshalb soll auch ein Schwefelgehalt des Eisens das Rosten desselben beschleunigen.

Selbst ausgekochtes reines Wasser wird bei gewöhnlicher Temperatur vom Eisen zersetzt, wenn dieses mit elektronegativen Stoffen, wie Eisenoxyd etc. in Berührung ist. Schneller noch erfolgt diese Zersetzung, wenn das Wasser Kohlensäure enthält, indem sich kohlensaures Eisenoxydul bildet. C. v. Hauer[2] erhielt Lösungen, welche auf 10000 Thl. Wasser bis zu 9·1 Thl. einfach-kohlensaures Eisenoxydul enthielten.

Es dürfte endlich kaum einem Zweifel unterliegen, dass auch andere Bestandtheile dieser Quelle bis zu einem gewissen Grade das Rosten des Eisens befördern.

Aus dem Angeführten geht hervor, dass die chemische Zusammensetzung dieses Mineralwassers für die Oxydation des Eisens eine besonders günstige ist. Offenbar ging hiebei ein Theil desselben in Lösung und es blieb die genannte graphitreichere und weniger dichte Masse zurück. Dies ist auch die Ursache der besprochenen Texturveränderung, welche im höheren Grade an den bei Carlscrona im Meere versunkenen und nach 50 Jahren zu Tage gehobenen gusseisernen Geschützen beobachtet wurde, deren Masse, wie sie Berzelius[3] beschreibt, bis zu einem Drittel in einen grauen, dem Graphit ähnlichen Körper verwandelt war.

---

[1] Handb. d. Chem. v. Gmelin. Aufl. IV, Bd. III, p. 176.

[2] Jahresb. ü. d. Fortschritte d. Chem. 1860, p. 189.

[3] Lehrb. d. Chem. v. Berzelius, Bd. III, p. 454.

Diese Erscheinung findet auch statt, wenn man auf graues Roheisen Chlorwasserstoffsäure oder Essigsäure durch lange Zeit einwirken lässt. Der Rückstand enthält nach den Versuchen von Calvert[1] 79·9 Pct. Eisen. Diese Zahl stimmt mit dem oben angegebenen Eisengehalte in der zweiten Schichte nahezu überein.

Das Mineralwasser wirkt also auf Gusseisen ebenso, wie verdünnte Säuren und wie das Meerwasser.

---

[1] Metallurgie v. J. Percy, Bd. II, p.190.

VI. SITZUNG VOM 13. FEBRUAR 1873.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Hofrath Freih. v. Ettingshausen den Vorsitz.

Herr Prof. Dr. R. Maly in Innsbruck übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Monochloracetylsulfoharnstoff und Sulfhydantoin".

Herr Prof. Dr. E. Suess überreicht eine Abhandlung des Herrn J. F. Brandt, Mitgliedes der kais. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg, betitelt: „Blicke auf die Verbreitung der in Europa bisher entdeckten Zahnwale der Tertiärzeit in specieller Beziehung auf die des Wiener Beckens."

Herr Dr. A. Boué legt eine Abhandlung vor: „Über wenig berücksichtigte geologische Theorien zur Auffindung von rentablen Bergwerken in weit entlegenen Erdgegenden".

Herr Prof. Dr. Th. Ritt. v. Oppolzer übergibt eine Abhandlung: „Nachweis für die im Berliner Jahrbuche für 1876 enthaltenen Ephemeriden der Planeten (58) Concordia, (59) Elpis, (62) Erato, 64 Angelina und (113) Amalthea".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Annales des mines. VIIe Série. Tome II. 4e Livraison de 1872. Paris; 8°.

d'Arrest, H., Indbydelsesskrift til Kjøbenhavns Universitets Aarsfest til erindring om kirkens reformation. Kjøbenhavn, 1872; 4°.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1872, Nr. 11 e 12. Firenze, 1872; kl. 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 4. Paris, 1873; 4°.

Feistmantel, Otakar, Über Fruchtstadien fossiler Pflanzen aus der böhmischen Steinkohlenformation. I. Hälfte: *Equisetaceae* and *Felices*. (Abhdlgn. d. k. böhm. Ges. d. Wiss. VI. Folge. 5. Bd.) Prag, 1872; 4°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVI (neuer Folge VI). Nr. I. Wien, 1873; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 3, Wien, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 6. Wien, 1873; 4°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo II^do, Serie IV^a, Disp. 1^a. Venezia, 1872—73; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VI, 9. & 10. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Königsberg, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1872. 4° & 8°.

Landbote, Der steierische. 6. Jahrgang, Nr. 3. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1873, Nr. 2. Wien; 8°.

Manabrea, Louis Frédéric, Principe général pour déterminer les pressions et les tensions dans un système élastique. Turin & Paris, 1868; 4°. — Sul principio di elesticità. Torino, 1870; 8°. — Intorno ad un scritto del Sig. Prof. Angelo Genocchi. Roma, 1872; 4°.

Moniteur scientifique du Docteur Quesneville. 17e Année. 3e Série, Tome III. 374e Livraison. Paris, 1873; 4°.

Nature. Nr. 171, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Plantamour, E., Résumé, météorologique de l'année 1871 pour Genève et le Grand Saint-Bernard. Genève, 1872; 8°.

— et A. Hirsch, Détermination télégraphique de la différence de longitude entre les stations Suisses. Genève et Bale, 1872; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 1. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger.“ IIe Année, 2e Série, Nr. 32. Paris. 1873; 4°.

Schiaparelli, G. V., e P. F. Denza, Sulla grande pioggia di stelle cadenti prodotta dalla cometa periodica di Biela e osservata la sera del 27 novembre 1872. 8°.

Societas Entomologica Rossica: Horae. T. VIII. Nr. 3—4. Petropoli, 1872; 8°. — Irudy, T. VI, Nr. 3 & 4. (1871); T. VII, Nr. 1. (1872) St. Petersburg; 8°.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XIXe. Comptes rendus 1; Revue bibliographique C. Paris, 1872; 8°.

— Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIe Année, Nrs. 8—10. Constantinople, 1872—1873; 4°.

Verein, naturwissenschaftlicher, von Neu-Vorpommern und Rügen: Mittheilungen. IV. Jahrgang. Berlin, 1872; 8°.

— naturforschender, in Brünn: Verhandlungen. X. Band. 1871. Brünn, 1872; 8°.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftl. Veterinärkunde. XXXVIII. Band, 2. Heft. Wien, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 6. Wien, 1873; 4°.

Wolf, Rudolf, Beiträge zur Geschichte der Schweizer Karten. I. Zürich, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 1. Heft. Wien, 1873; 4°.

Monochloracetylsulfoharnstoff und Sulfhydantoin.

Von **Richard Maly** in Innsbruck.

Wenn man Monochloressigsäure in einem Kölbchen schmilzt, und Sulfocarbamid[1] in gepulvertem Zustande einträgt, so sieht man bald Einwirkung durch Temperaturerhöhung und Aufschäumen, wobei aber nur wenig Chlorwasserstoff entweicht. Fährt man in kleinen Portionen mit dem Eintragen des Schwefelharnstoffes fort, so kann man durch die bei der Einwirkung selbst frei werdende Wärme die Masse flüssig erhalten, aber bevor noch ein Molekül Schwefelharnstoff auf ein Molekül Monochloressigsäure eingetragen ist, erstarrt ziemlich rasch, selbst wenn man nunmehr die Flamme herumspielen lässt, das Ganze zu einem Krystallkuchen.

Mit wenig Alkohol zerrieben und in der Presse abgepresst, dann durch Auflösen in Wasser und Abkühlen mit Eis, erhält man eine reichliche, fast weisse Krystallisation, aus der den letzten Rest der Färbung Thierkohle gut wegnimmt. Oder man kann auch mit Vortheil das Rohproduct der Einwirkung in Wasser lösen, und mit starkem Alcohol fällen, die braunen Nebenproducte bleiben im Alcohol gelöst. Der so erhaltene Körper ist Monochloracetylsulfoharnstoff und entsteht aus beiden Componenten unter Wasseraustritt:

$$CS\begin{matrix}<^{NH_2}_{NH_2}\end{matrix} + \begin{matrix}CH_2Cl\\ |\\ COOH\end{matrix} = OH_2 + CS\begin{matrix}<^{NH_2}\\ NH.CO.CH_2Cl\end{matrix}$$

Der Monochloracetylsulfoharnstoff ist in Wasser leicht, in Alcohol schwer löslich, kaum in Äther, schmilzt nicht unzersetzt,

[1] Em. Reynold's Zeitschr. für Chemie 1869; 99.

sondern zu einer, schwärzliche Dämpfe ausstossenden Masse, die eine leichte aschefreie Kohle gibt.

Die wässerige Lösung gibt mit Silbersalpeter einen weissen Niederschlag, der sich in Ammon erst beim Erwärmen löst; Bleiacetat gibt keine Fällung, setzt man aber Kalilauge zu und kocht, so scheidet sich langsam Schwefelblei ab. Sublimat fällt nichts, bei Gegenwart von Ätzkali aber bildet sich viel Schwefelquecksilber. Kochen mit Quecksilberoxyd allein löst den Schwefel nicht aus der Verbindung aus, während dies aus der Muttersubstanz dem Sulfocarbamid unter diesen Umständen leicht gelingt, unter Bildung von Dicyandiamid (Hofmann).

Mit mässig starker Salpetersäure erwärmt, oxydirt sich die Verbindung unter gleichförmiger Gasentwicklung, und die Flüssigkeit enthält dann Salzsäure und Schwefelsäure.

Analyse.

1. 0·3614 Grm. mit chromsaurem Blei und Kupfer verbrannt, liessen entstehen 0·3162 Grm. CO_2 und 0·1114 Grm. OH_2.
2. 0·4357 Grm. liessen entstehen 0·3850 Grm. CO_2 und 0·1325 Grm. OH_2.
3. 0·5061 Grm. gaben nach dem Oxydiren mit Salpetersäure und Fällen mit Silbernitrat 0·4620 Grm. Chlorsilber.

In 100 Theilen:

I	II	III		$C_3H_5ClN_2OS$ verlangt
23·86	24·09	—	C	23·60
3·42	3.38	—	H	3·28
—	—	22·60	Cl	23·27

Aus diesem Chloracetylsulfoharnstoff erhält man leicht das Hydantoin aus der Reihe der geschwefelten Harnstoffe, das sich von dem von Baeyer[1] entdeckten Hydantoin = Glycolylharnstoff nur dadurch unterscheidet, dass es statt 1 O ein Atom S enthält, und daher Glycolylsulfoharnstoff oder Sulfhydantoin genannt werden kann.

[1] Annalen d. Chem. Bd. 130. p. 129.

Seine Bildung ist analog der des gewöhnlichen Hydantoins, das Baeyer dadurch dargestellt hat, dass er Monobromacetylharnstoff mit weingeistigem Ammoniak behandelte, wobei Hydrobrom austrat. Während aber, um vom Monobromacetylharnstoff den Bromwasserstoff abzuspalten, mehrere Stunden mit Ammoniakalkohol erhitzt werden musste, löst sich aus dem Chloracetylsulfoharnstoff die Salzsäure schon in wenigen Minuten nach der Einwirkung von wässerigem Ammoniak aus.

Die Darstellung des Sulfhydantoins ist demnach eine sehr einfache. Die vorher beschriebene Verbindung wird in warmem Wasser gelöst, und noch warm mit Ammoniak versetzt. Auch Barytwasser thut die gleiche Wirkung. Nach Kurzem scheiden sich dann glänzende dünne Prismen aus, die sich reichlich vermehren bis zum völligen Kaltwerden der Flüssigkeit. War diese stark concentrirt, so erstarrt sie sofort zu einem dicken Krystallbrei sehr feiner Nadeln des Sulfhydantoins, welche schon von vorneherein fast weiss sind. Man kann daher auch direct das Product der Einwirkung der Monochloressigsäure auf Schwefelharnstoff zur Darstellung verwenden mit dem Effect noch reichlicherer Ausbeute. Die ganz glatte Reaction lässt sich so ausdrücken:

$$C_3H_5N_2ClSO + NH_3 = C_3H_4N_2SO + NH_4Cl$$

oder:

$$CS < \begin{matrix} NH_2 \\ NH.CO.CH_2Cl \end{matrix} + NH_3 = CS < \begin{matrix} NH.CH_2 \\ NH.CO \end{matrix} + NH_4Cl.$$

Das Sulfhydantoin ist ein Körper von grossem Krystallisirvermögen, löst sich leicht in heissem Wasser und scheidet sich daraus bei langsamem Abkühlen in $^1/_2$ Zoll langen dünnen spröden Prismen ab, die ganz weiss oder kaum gelblich sind. Bei raschem Abkühlen entsteht ein Brei zarter, dem schwefelsauren Chinin ähnlicher Nädelchen. Kaltes Wasser löst wenig, Alkohol fast nichts, Äther ebenfalls nicht. Der Schmelzpunkt ist nicht bestimmbar; im Ölbad langsam auf 200° erhitzt, tritt unter Braunfärbung und Bildung eines dunklen Sublimates Zersetzung ein. Gegen Ätzkali und Sublimatlösung verhält sich das Sulfhydantoin wie die vorige Substanz.

Analyse.

1. 0·3594 Grm. gaben 0·4072 Grm. CO_2 und 0·1126 Grm. OH_2.
2. 0·5169 Grm. Substanz einer anderen Darstellung gaben 113 CC. feuchten N bis 17° C. und 26·4 P. Z. HgDr.

Daraus berechnet:.

I	II		Formel $C_3H_4N_2SO$ verlangt
30·90	—	C	31·03
3·48	—	H	3·45
—	23·79	N	24·13

Der Versuch, durch anhaltendes Kochen mit Silberoxyd den Körper zu entschwefeln und so zu dem gewöhnlichen Hydantoin zu gelangen, gab kein glattes Resultat. Die Bildung von Schwefelmetall geht auch hier nur träge von statten, und es erscheint nach Kurzem ein zartes grauliches Pulver, das sich hautförmig abscheidet. Das Filtrat entsilbert, gab eine kleine Menge Krystalle, von denen nicht entschieden werden konnte, ob sie mit Hydantoin identisch sind. Ebenso als der Chloracetylsulfoharnstoff direct mit Baritwasser und Silberoxyd zugleich in wässeriger Lösung gekocht wurde, wurde keine reine Zerlegung beobachtet.

Nicht besser ging es mir mit einer Reaction, wegen deren Realisirung die vorigen Körper überhaupt dargestellt wurden, nämlich die Einwirkung von Cyan. Sulfhydantoin + 2CN gäbe ein geschwefeltes Xanthin (Xanthin + S—O):

$$C_3H_4N_4SO + 2CN = C_5H_4N_4SO$$

und wäre seine Bildung analog dem von mir früher beschriebenen [1] so leicht entstehenden Thiosinnamindicyanür. Der Versuch gelang jedoch nicht.

Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, dass ich den von **Tollens** [2] auf Grund meiner Beobachtungen an den Thiosinnaminen angestellten Versuch einer Synthese der Parabansäure durch Behandlung von Harnstoff mit Cyan ebenfalls mit dem-

[1] Wien. akad. Sitzungsber. 57.

[2] Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1872, p. 68.

selben negativen Resultate gemacht habe, und dass auch der geschwefelte Harnstoff, wie ich gefunden habe, der Reaction sich nicht zugänglicher zeigte.

Durch Wasseraufnahme müsste das Sulfhydantoin eine Säure geben; die Sulfhydantoinsäure analog der Hydantoinsäure von Baeyer oder der von Urech[1] aus dem Acetonylharnstoff dargestellten Acetonuraminsäure. Beide entstehen unter der Einwirkung kochenden Barytwassers. Als das Sulfhydantoin mit Barytwasser im offenen Gefässe gekocht wurde, blieb es unverändert, krystallisirte nach dem Erkalten wieder aus. Wurde sehr starkes Barytwasser genommen und einige Tage im geschlossenen Rohr auf 100° erhitzt, so fand man nach dem Öffnen keinen Gasdruck und eine trübe Flüssigkeit, die verdünnt zum Kochen erhitzt und mit CO_2 behandelt wurde. Das Filtrat vom Bariumcarbonat gab abgedunstet neben etwas gelbem Pulver ein gummöses, in Wasser ungemein lösliches Barytsalz. Durch wiederholtes Auflösen und Fällen mit starkem Alkohol erhielt man es als weisses Pulver. Es schmolz nicht unverändert, und hinterliess nach dem Einäschern kohlensauren Baryt und Schwefelbarium. Sein Bariumgehalt betrug 46—47 Proc., was zu einem sulfhydantoinsauren Barium nicht stimmt.

Mit Metallen gibt das Sulfhydantoin theils schwerlösliche, theils krystallisirbare Verbindungen, die aber nicht weiter untersucht wurden.

---

[1] Annal. d. Chemie 164, p. 267.

Nachweis für die im Berliner Jahrbuche für 1876 enthaltenen Ephemeriden der Planeten (58) Concordia, (59) Elpis, (62) Erato, (64) Angelina und (113) Amalthea.

Von dem c. M. Prof. **Theodor R. v. Oppolzer.**

Anschliessend an meine analogen Mittheilungen im LXIV. Bande (Octoberheft) und LXVI. Bande (Octoberheft) der Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften in Wien lege ich hiemit die Fortführung der Rechnungen vor, die ich für die Planeten (58) Concordia, (59) Elpis, (62) Erato, (64) Angelina und (113) Amalthea zur Herstellung geeigneter Ephemeriden unternommen habe, und theile die Resultate für jeden Planeten gesondert unten mit.

I. (58) Concordia.

Die seit einer Reihe von Jahren unverändert zur Grundlage meiner Rechnungen dienenden Elemente sind

(58) Concordia.

Epoche, Oscul. und mittl. Äquinoct. 1865 Jän. 7·0 Berl. Zeit.

$$
\left.\begin{aligned}
L &= 210°34'\ 9''2 \\
M &= 21\ 24\ 4\cdot2 \\
\pi &= 189\ 10\ 5\cdot0 \\
\Omega &= 161\ 19\ 50\cdot3 \\
i &= 5\ 1\ 50\cdot5 \\
\varphi &= 2\ 26\ 21\cdot8 \\
\mu &= 799''59642 \\
\log a &= 0\cdot4314238.
\end{aligned}\right\}
$$

Vgl. Oppolzer LVII. Bd. der Sitzungsber. II. Abth. Märzheft 1868.

Die Darstellung der Oppositionen durch dieses System stellt sich wie folgt:

	$d\alpha$	$d\delta$	
1860 April 19·5	−0″3	+0″2	
1864 Febr. 6·5	+0·4	−0·2	
1865 Mai 23·5	−0·1	−0·6	
1866 Sept. 16·5	+0·2	0·0	
1867 Dec. 15·5	−0·3	−0·6	
1869 April 5·5	−2·2	−0·2	
1870 Juli 24·5	−2·9	−0·1	(vorausberechnet).
1871 Oct. 27·5	−3·4	+3·0	
1873 Febr. 7·5	−8·2	+0·8	

Im Nachweise für das Berliner Jahrbuch 1874 (LXIV. Bd. der Sitzb.) finden sich blos die Störungswerthe bis 1873 Oct. 12, es war daher zur Herstellung von Ephemeriden für das Jahr 1874 die Fortführung der Störungsrechnung nöthig; die erhaltenen Differentialquotienten sind:

Mittl. Ekliptik 1870·0.

$$\mathfrak{A} = \frac{1}{1049}$$

Datum	$40\,di:dt$	$40\,d\Omega:dt$	$40\,d\varphi:dt$	$40\,d\pi:dt$	$1600\,d\mu:dt$	$40\,dL:dt$
1873 Sept. 22	+0″241	+2″048	−19″581	−2′37″19	+5″0033	−5″349
Nov. 1	+0·114	+1·369	−16·129	−2 28·54	+4·2238	− 0·239
Dec. 11	+0·044	+0·748	−12·677	−2 7·63	+3·3413	+3·333
1874 Jän. 20	+0·011	+0·288	− 9·582	−1 38·83	+2·4639	+5·619
März 1	0·000	+0·016	− 7·052	−1 4·55	+1·6500	+6·901
April 10	−0·001	−0·083	− 5·155	−0 27·82	+0·9276	+7·421
Mai 20	0·000	−0·046	− 3·878	+0 8·27	+0·3062	+7·376
Juni 29	−0·002	+0·083	− 3·154	+0 41·90	−0·2155	+6·919
Aug. 8	−0·009	+0·261	− 2·888	+1 10·79	−0·6428	+6·168
Sept. 17	−0·023	+0·449	− 2·972	+1 33·86	−0·9840	+5·210
Oct. 27	−0·044	+0·612	− 3·303	+1 50·50	−1·2473	+4·113
Dec. 6	−0·071	+0·723	− 3·786	+2 0·78	−1·4419	+2·934

Mittl. Ekliptik 1870·0.

$$\hbar = \frac{1}{3501{\cdot}6}$$

Datum	$40\,di:dt$	$40\,d\Omega:dt$	$40\,d\varphi:dt$	$40\,d\pi:dt$	$1600\,d\mu:dt$	$40\,dL:dt$
1873 Sept. 22	+0"007	+0"062	−0"308	+ 0"75	+0"0719	+0"191
Nov. 1	+0·004	+0·049	−0·235	+ 1·25	+0·0485	+0·269
Dec. 11	+0·001	+0·020	−0·148	+ 2·38	+0·0186	+0·325
1874 Jän. 20	−0·002	−0·025	−0·059	+ 4·17	−0·0167	+0·348
März 1	−0·002	−0·084	+0·026	+ 6·57	−0·0555	+0·330
April 10	−0·001	−0·155	+0·094	+ 9·40	−0·0952	+0·263
Mai 20	+0·001	−0·233	+0·142	+12·44	−0·1322	+0·143
Juni 29	+0·006	−0·310	+0·169	+15·17	−0·1624	−0·032
Aug. 8	+0·013	−0·379	+0·179	+17·19	−0·1813	−0·255
Sept. 17	+0·022	−0·429	+0·185	+18·15	−0·1845	−0·512
Oct. 27	+0·033	−0·450	+0·202	+17·76	−0·1689	−0·776
Dec. 6	+0·043	−0·436	+0·248	+16·06	−0·1339	−1·016

Integrirt man diese Werthe in Verbindung mit den in der oben citirten Abhandlung gegebenen Differentialquotienten von der Anfangsgrenze 1865 Jänner 7·0, für welche Epoche die obigen Elemente osculiren, so erhält man die folgenden speciellen Störungstafeln:

Mittl. Ekliptik 1870·0.

Jupiter.

Datum	Δi	$\Delta\Omega$	$\Delta\pi$	$\Delta\varphi$	ΔL	$\Delta\mu$
1873 Oct. 12	+34"9	−9' 3"1	−4° 3'16"	+6'14"3	−3' 0"4	+0"147
Nov. 21	+35·1	−9 1·7	−4 5 44	+5 58·1	−2 52·6	+0·253
Dec. 31	+35·1	−9 0·9	−4 7 52	+5 45·4	−2 37·5	+0·337
1874 Febr. 9	+35·1	−9 0·7	−4 9 30	+5 35·8	−2 17·2	+0·398
März 21	+35·1	−9 0·6	−4 10 35	+5 28·7	−1 53·5	+0·439
April 30	+35·1	−9 0·7	−4 11 3	+5 23·6	−1 28·0	+0·463
Juni 9	+35·1	−9 0·7	−4 10 54	+5 19·6	−1 2·0	+0·470
Juli 19	+35·1	−9 0·7	−4 10 13	+5 16·5	−0 36·4	+0·465
Aug. 28	+35·1	−9 0·4	−4 9 2	+5 13·6	−0 11·9	+0·449
Sept. 7	+35·1	−9 0·0	−4 7 29	+5 10·6	+0 10·8	+0·424
Nov. 16	+35·0	−8 59·3	−4 5 58	+5 7·3	+0 31·3	+0·393
Dec. 26	+35·0	−8 58·6	−4 3 38	+5 3·5	+0 49·2	+0·357

Mittl. Ekliptik 1870·0.

Saturn.

Datum	Δi	$\Delta\Omega$	$\Delta\pi$	$\Delta\varphi$	ΔL	$\Delta\mu$
1873 Oct. 12	+0"2	−12"0	−1'56"	−6"1	+37·7	+0·025
Nov. 21	+0·2	−12·0	−1 55	−6·3	+39·0	+0·026
Dec. 31	+0·2	−12·0	−1 52	−6·5	+40·4	+0·027
1874 Febr. 9	+0·2	−12·0	−1 48	−6·5	+41·9	+0·027
März 21	+0·2	−12·1	−1 41	−6·5	+43·2	+0·025
April 30	+0·2	−12·2	−1 32	−6·4	+44·5	+0·023
Juni 9	+0·2	−12·5	−1 20	−6·3	+45·5	+0·020
Juli 19	+0·2	−12·8	−1 5	−6·1	+46·1	+0·016
Aug. 28	+0·2	−13·1	−0 47	−5·9	+46·4	+0·011
Oct. 7	+0·2	−13·6	−0 29	−5·7	+46·2	+0·006
Nov. 16	+0·3	−14·0	−0 12	−5·5	+45·6	+0·002
Dec. 26	+0·3	−14·5	+0 4	−5·3	+44·6	−0·001

Die nächste Opposition der Concordia trifft im Jahre 1874 auf den 10. Juni, ich habe daher die obigen Elemente mit Hilfe der Störungstafeln auf solche übertragen, die für Juni 9 dieses Jahres osculiren; die erhaltenen Elemente nebst den daraus folgenden Jahres- und Oppositionsephemeriden sind:

Angewandte Elemente.

Epoche und Osculation 1874 Juni 9·0 Berl. Zeit
mittl. Äq. 1870·0.

$$L = 254°41'34"6$$
$$M = 69\ 39\ 33·3$$
$$\pi = 185\ 2\ 1·3$$
$$\Omega = 161\ 14\ 41·7$$
$$i = 5\ 2\ 23·4$$
$$\varphi = 2\ 31\ 35·1$$
$$\mu = 800"086$$
$$\log a = 0·431247$$

$$x = [0·431070] \sin (E + 275°\ 5'46"4) + 0·118465$$
$$y = [0·407337] \sin (E + 185\ 39\ 13·7) + 0·011094$$
$$z = [9·937924] \sin (E + 180\ 19\ 35·7) + 0·000218.$$

(58) Concordia 1874.

Jahresephemeride.

0h Berl. Zeit		A. R.	Decl.	log Δ	log r
Jän.	0	15h 42m3	−16° 4′	0·510	0·415
„	20	16 15·1	−17 16	0·483	0·416
Febr.	9	16 45·3	−17 54	0·449	0·417
März	1	17 11·5	−17 59	0·409	0·418
„	21	17 31·6	−17 38	0·363	0·420
April	10	17 43·7	−16 59	0·314	0·421
„	30	17 45·6	−16 13	0·268	0·422
Mai	20	17 36·9	−15 31	0·232	0·424
Juni	9	17 20·5	−15 4	0·219	0·425
„	29	17 3·4	−15 4	0·231	0·427
Juli	19	16 52·9	−15 32	0·267	0·428
Aug.	8	16 52·4	−16 24	0·314	0·430
„	28	17 1·8	−17 30	0·365	0·431
Sept.	17	17 19·3	−18 35	0·413	0·433
Oct.	7	17 43·1	−19 29	0·455	0·434
„	27	18 11·4	−20 2	0·492	0·436
Nov.	16	18 43·0	−20 5	0·522	0·437
Dec.	6	19 16·5	−19 38	0·545	0·438
„	26	19 51·1	−18 39	0·561	0·440
„	46	20 25·9	−17 8	0·571	0·441

(58) Concordia 1874.

Oppositionsephemeride.

12h m. Berl. Zeit		α	δ	log Δ	Abrrzt.
1874 Mai	23	17h 34m 24·13	−15° 24′ 58″3	0·228180	14m 2·
	24	17 33 39·20	−15 23 21·5	0·227093	14 0
	25	17 32 53·27	−15 21 47·5	0·226065	13 58
	26	17 32 6·39	−15 20 16·3	0·225099	13 56
	27	17 31 18·61	−15 18 48·0	0·224195	13 54
	28	17 30 29·98	−15 17 22·7	0·223354	13 53
	29	17 29 40·55	−15 16 0·4	0·222578	13 51
	30	17 28 50·38	−15 14 41·2	0·221866	13 50

12h m. Berl. Zeit		α	δ	log Δ	Abrrzt.
1874 Mai	31	17h 27m 59·53	−15° 13′ 25″1	0·221220	13m 49s
Juni	1	17 27 8·06	−15 12 12·1	0·220640	13 47
	2	17 26 16·01	−15 11 2·4	0·220127	13 46
	3	17 25 23·44	−15 9 56.1	0·219681	13 46
	4	17 24 30·41	−15 8 53·2	0·219303	13 45
	5	17 23 36·97	−15 7 54·0	0·218995	13 44
	6	17 22 43·20	−15 6 58·5	0·218755	13 44
	7	17 21 49·15	−15 6 6·6	0·218585	13 43
	8	17 20 54·89	−15 5 18·4	0·218483	13 43
	9	17 20 0·46	−15 4 33·7	0·218452	13 43
☌	10	17 19 5·95	−15 3 52·7	0·218492	13 43
	11	17 18 11·42	−15 3 15·6	0·218601	13 44
	12	17 17 16 95	−15 2 42·5	0·218781	13 44
	13	17 16 22·59	−15 2 13·6	0·219032	13 44
	14	17 15 28·42	−15 1 48·8	0·219353	13 45
	15	17 14 34·50	−15 1 28·2	0·219743	13 46
	16	17 13 40·89	−15 1 11·8	0·220203	13 47
	17	17 12 47·66	−15 0 59·7	0·220732	13 48
	18	17 11 54·87	−15 0 52·0	0·221328	13 49
	19	17 11 2·60	−15 0 48·5	0·221991	13 50
	20	17 10 10·91	−15 0 49·4	0·222722	13 51
	21	17 9 19·84	−15 0 54·7	0·223518	13 53
	22	17 8 29·44	−15 1 4·3	0·224379	13 55
	23	17 7 39·78	−15 1 18·2	0·225304	13 56
	24	17 6 50·90	−15 1 36·5	0·226291	13 58
	25	17 6 2·86	−15 1 59·4	0·227341	14 0
	26	17 5 15·71	−15 2 26·7	0·228452	14 2
	27	17 4 29·50	−15 2 58·4	0·229623	14 5
	28	17 3 44·28	−15 3 34·5	0·230853	14 7

(58) ☌ ☉ Juni 10; 16h

Lichtstärke = 1·08

Grösse = 11·5

II. (59) Elpis.

Die Elemente dieses Planeten hatte ich aus acht beobachteten Oppositionen, wie folgt, abgeleitet:

(59) Elpis.

Epoche, Osculation und mittl. Äquinoct. 1865 Jän. 7·0 m. Berl. Zeit.

$$
\begin{aligned}
L &= 352°37'40''7 \\
M &= 334\ 18\ 57\cdot1 \\
\pi &= 18\ 18\ 43\cdot6 \\
\Omega &= 170\ 20\ 26\cdot9 \\
i &= 8\ 37\ 14\cdot6 \\
\varphi &= 6\ 44\ 2\cdot7 \\
\mu &= 793''97881 \\
\log a &= 0\cdot4334651.
\end{aligned}
$$

Vgl. Oppolzer LXI. Bd. der Sitzungsber. II. Abth. Mai-Heft 1870.

Diese Elemente stellen die bisher beobachteten Oppositionen wie folgt dar:

		$d\alpha$	$d\delta$	
1860	Sept. 27·5	+1''7	+1''2	
1862	Febr. 20·5	−1·5	+1·6	
1863	Mai 9·5	+0·9	+0·2	
1864	Juli 24·5	−2·6	−0·6	
1865	Dec. 12·5	−1·3	−0·4	
1867	März 15·5	+1·7	−0·9	
1868	Juni 9·5	+0·3	+0·9	
1869	Oct. 3·5	+0·6	+0·6	
1871	Febr. 7·5	+7·8	−0·3	(vorausberechnet).
1872	April 25·5	+5·2	+0·7	

Die Störungswerthe, welche durch Jupiter und Saturn hervorgebracht werden, finden sich in der bei der Anführung der Elemente citirten Abhandlung nur bis 1874 Jänner 20·0; die Fortführung der Störungsrechnung liess mich die folgenden Differentialquotienten finden.

Mittl. Ekliptik 1870·0.

Jupiter $= \frac{1}{1049}$

Datum	$20\,di:dt$	$20\,d\Omega:dt$	$20\,d\varphi:dt$	$20\,d\pi:dt$	$400:d\mu\,dt$	$20\,dL:dt$
1874 Jän. 10	+0".040	+0".013	−0".900	−14".56	+0".0347	−3".591
„ 30	+0·031	+0·030	−1·055	−14·16	−0 0753	−3·540
Febr. 19	+0·022	+0·036	−1·218	−13·98	+0·1158	−3·461
März 11	+0·013	+0·031	−1·381	−14·05	+0·1555	−3·357
„ 31	+0·005	+0·015	−1·539	−14·37	+0·1939	−3·228
April 20	−0·003	−0·011	−1·686	−14·91	+0·2307	−3·076
Mai 10	−0·009	−0·045	−1·817	−15·66	+0·2652	−2·900
„ 30	−0·014	−0·085	−1·927	−16·58	+0·2972	−2·702
Juni 19	−0·018	−0·132	−2·011	−17·62	+0·3262	−2·482
Juli 9	−0·021	−0·183	−2·069	−18·75	+0·3520	−2·242
„ 29	−0·022	−0·236	−2·098	−19·91	+0·3742	−1·983
Aug. 18	−0·021	−0·291	−2·097	−21·09	+0·3926	−1·708
Sept. 7	−0·019	−0·344	−2·070	−22·17	+0·4072	−1·417
„ 27	−0·016	−0·395	−2·019	−23·14	+0·4178	−1·113
Oct. 17	−0·012	−0·441	−1·945	−23·96	+0·4243	−0·797
Nov. 6	−0·006	−0·481	−1·853	−24·61	+0·4269	−0·472
„ 26	0·000	−0·513	−1·748	−25·03	+0·4254	−0·139
Dec. 16	+0·007	−0·537	−1·635	−25·22	+0·4201	+0·198
1875 Jän. 5	+0·014	−0·551	−1·519	−25·17	+0·4109	+0·539
„ 25	+0·022	−0·555	−1·406	−24·87	+0·3981	+0·882

Saturn $= \frac{1}{3501{\cdot}6}$.

1874 Jän. 10	+0".020	+0".007	−0".266	+ 0".94	+0".0372	+0".005
„ 30	+0·017	+0·016	−0·236	+ 0·84	+0·0330	+0·048
Febr. 19	+0·013	+0·021	−0·203	+ 0·75	+0·0282	+0·083
März 11	+0·010	+0·023	−0·168	+ 0·68	+0·0229	+0·110
„ 31	−0·007	+0·021	−0·130	+ 0·64	+0·0173	+0·131
April 20	+0·004	+0·016	−0·092	+ 0·62	+0·0116	+0·144
Mai 10	+0·002	+0·009	−0·056	+ 0·63	+0·0060	+0·150
„ 30	0·000	0·000	−0·021	+ 0·66	+0·0006	+0·149
Juni 19	−0·001	−0·010	+0·011	+ 0·72	−0·0044	+0·143
Juli 9	−0·002	−0·020	+0·039	+ 0·80	−0·0090	+0·132
„ 29	−0·003	−0·031	+0·062	+ 0·88	−0·0131	+0·117
Aug. 18	−0·003	−0·041	+0·081	+ 0·99	−0·0166	+0·099
Sep. 7	−0·003	−0·051	+0·096	+ 1·09	−0·0195	+0·077
„ 27	−0·002	−0·061	+0·107	+ 1·19	−0·0218	+0·052
Oct. 17	−0·002	−0·069	+0·114	+ 1·28	−0·0236	+0·027
Nov. 6	−0·001	−0·076	+0·117	+ 1·35	−0·0248	+0·002
„ 26	0·000	−0·082	+0·118	+ 1·41	−0·0255	−0·024
Dec. 16	+0·001	−0·087	−0·117	+ 1·45	−0·0257	−0·052
1875 Jän. 5	+0·002	−0·091	+0·115	+ 1·47	−0·0255	−0·079
„ 25	+0·004	−0·093	+0·111	+ 1·47	−0·0250	−0·105

Mit Hilfe dieser Werthe habe ich die in der oben citirten Abhandlung enthaltenen speciellen Störungstafeln fortgesetzt

und erhalten, indem als Osculationsepoche 1865 Jänner 7·0 mittl. Berl. Zeit angesehen werden muss:

Mittl. Ekliptik 1870·0.

Jupiter.

Datum	Δi	$\Delta \Omega$	$\Delta \pi$	$\Delta \varphi$	ΔL	$\Delta \mu$
1874 Jän. 20	−1'90	−6'30"51	−52'12"2	+6'30"56	−2'53"15	−0"0036
Febr. 9	−1·87	−6 30·48	−52 26·4	+6 29·51	−2 56·73	+0·0002
März 1	−1·85	−6 30·45	−52 40·4	+6 28·29	−3 0·13	+0·0059
„ 21	−1·83	−6 30·42	−52 54·4	+6 26·91	−3 3·29	+0·0137
April 10	−1·83	−6 30·40	−53 8·8	+6 25·37	−3 6·15	+0·0234
„ 30	−1·83	−6 30·41	−53 23·7	+6 23·69	−3 8·64	+0·0350
Mai 20	−1·84	−6 30·46	−53 39·4	+6 21·87	−3 10·71	+0·0482
Juni 9	−1·86	−6 30·54	−53 56·0	+6 19·95	−3 12·30	+0·0631
„ 29	−1·87	−6 30·67	−54 13·6	+6 17·94	−3 13·36	+0·0794
Juli 19	−1·89	−6 30·86	−54 32·4	+6 15·87	−3 13·84	+0·0970
Aug. 8	−1·92	−6 31·09	−54 52·3	+6 13·77	−3 13·70	+0·1157
„ 28	−1·94	−6 31·39	−55 13·4	+6 11·67	−3 12·89	+0·1353
Sept. 17	−1·96	−6 31·73	−55 35·5	+6 9·60	−3 11·41	+0·1556
Oct. 7	−1·97	−6 32·12	−55 58·7	+6 7·59	−3 9·20	+0·1765
„ 27	−1·98	−6 32·56	−56 22·6	+6 5·64	−3 6·25	+0·1977
Nov. 16	−1·99	−6 33·05	−56 47·2	+6 3·79	−3 2·56	+0·2191
Dec. 6	−1·99	−6 33·56	−57 12·2	+6 2·04	−2 58·10	+0·2403
„ 26	−1·98	−6 34·09	−57 37·4	+6 0·41	−2 52·88	+0·2614
1875 Jän. 15	−1·97	−6 34·65	−58 2·6	+5 58·89	−2 46·91	+0·2819
Febr. 4	−1·95	−6 35·20	−58 27·5	+5 57·48	−2 40·19	+0·3018

Saturn.

1874 Jän. 20	−0"04	−19·39	−30"15	−12"28	−21"65	+0"0025
Febr. 9	−0·02	−19·37	−29·31	−12·52	−21·53	+0·0042
März 1	−0·01	−19·35	−28·56	−12·72	−21·35	+0·0056
„ 21	0·00	−19·33	−27·88	−12·89	−21·12	+0·0067
April 10	+0·01	−19·31	−27·24	−13·02	−20·84	+0·0076
„ 30	+0·01	−19·29	−26·62	−13·11	−20·54	+0·0082
Mai 20	+0·01	−19·28	−25·99	−13·17	−20·22	+0·0085
Juni 9	+0·01	−19·28	−25·33	−13·19	−19·91	+0·0085
„ 29	+0·01	−19·29	−24·61	−13·18	−19·60	+0·0083
Juli 19	+0·01	−19·31	−23·81	−13·14	−19·30	+0·0078
Aug. 8	+0·01	−19·34	−22·93	−13·08	−19·03	+0·0072
„ 28	+0·01	−19·39	−21·94	−13·00	−18·80	+0·0063
Sept. 17	0·00	−19·44	−20·85	−12·90	−18·61	+0·0054
Oct. 7	0·00	−19·50	−19·66	−12·79	−18·46	+0·0043
„ 27	0·00	−19·57	−18·38	−12·68	−18·36	+0·0031
Nov. 16	0·00	−19·64	−17·03	−12·56	−18·30	+0·0019
Dec. 6	0·00	−19·72	−15·62	−12·44	−18·30	+0·0006
„ 26	0·00	−19·81	−14·17	−12·33	−18·36	−0·0007
1875 Jän. 15	0·00	−19·90	−12·70	−12·21	−18·46	−0·0020
Febr. 4	+0·01	−20·00	−11·23	−12·10	−18·62	−0·0031

Die Opposition im Jahre 1874 fällt auf den 17. December, ich habe daher die Eingangs angeführten Elemente mit Hilfe der eben mitgetheilten Störungswerthe auf 1874 Dec. 16·0 als neue Osculationsepoche übertragen und nach diesen Elementen die folgenden Ephemeriden gerechnet.

Angewandte Elemente.

Epoche und Osculation 1874 Decemb. 16·0 m. Berl. Zeit.

mittl. Äquinoct.: 1870·0

$$L = 73°14'20''1$$
$$M = 55\ 49\ 6·0$$
$$\pi = 17\ 25\ 14·1$$
$$\Omega = 170\ 17\ 42·6$$
$$i = 8\ 37\ 10·2$$
$$\varphi = 6\ 49\ 51·6$$
$$\mu = 794''2297$$
$$\log a = 0·433374.$$

$$x = [0·432956] \sin (E + 107°24'40''5) - 0·307552$$
$$y = [0·415614] \sin (E + 18\ 2\ 4·9) - 0·095882$$
$$z = [9·844161] \sin (E + 12\ 12\ 36·8) - 0·017778.$$

(59) Elpis 1874.

Jahresephemeride.

0h Berl. Zeit		A. R.	Decl.	log Δ	log r
1873 Jän.	0	22h14m8	−10°53'	0·462	0·383
„	20	22 49·0	− 8 14	0·488	0·382
Febr.	9	23 24·3	− 5 12	0·507	0·380
März	1	0 0·2	− 1 55	0·520	0·379
„	21	0 36·7	+ 1 26	0·528	0·379
April	10	1 13·5	+ 4 43	0·530	0·378
„	30	1 50·6	+ 7 47	0·527	0·379
Mai	20	2 28·0	+10 29	0·520	0·379
Juni	9	3 5·3	+12 43	0·507	0·381
„	29	3 42·0	+14 22	0·489	0·382
Juli	19	4 17·6	+15 22	0·465	0·384
Aug.	8	4 51·1	+15 43	0·436	0·386
„	28	5 21·1	+15 26	0·401	0·389
Sept.	17	5 46·1	+14 35	0·360	0·392
Oct.	7	6 3·8	+13 18	0·315	0·395
„	27	6 11·9	+11 50	0·268	0·399
Nov.	16	6 8·6	+10 29	0·227	0·403
Dec.	6	5 54·8	+ 9 40	0·204	0·406
„	26	5 36·2	+ 9 40	0·209	0·410
„	46	5 21·8	+10 31	0·240	0·414

(59) Elpis 1874—5.

Oppositionsephemeride.

12^h m. Berl. Zeit		α	δ	log Δ	Abrrzt.
1874 Nov.	29	6^h 0^m 9·35	+ 9°50'58"2	0·209091	13^{m}26^s
	30	5 59 22·15	+ 9 48 52·4	0·208153	13 24
Dec.	1	5 58 33·86	+ 9 46 53·6	0·207280	13 22
	2	5 57 44·54	+ 9 45 2·0	0·206474	13 21
	3	5 56 54·25	+ 9 43 17·7	0·205736	13 19
	4	5 56 3·03	+ 9 41 40·9	0·205067	13 18
	5	5 55 10·95	+ 9 40 11·8	0·204467	13 17
	6	5 54 18·07	+ 9 38 50·4	0·203938	13 16
	7	5 53 24·47	+ 9 37 36·8	0·203482	13 15
	8	5 52 30·21	+ 9 36 31·2	0·203099	13 15
	9	5 51 35·36	+ 9 35 33·7	0·202789	13 14
	10	5 50 40·00	+ 9 34 44·3	0·202553	13 14
	11	5 49 44·19	+ 9 34 3·1	0·202392	13 13
	12	5 48 48·02	+ 9 33 30·1	0·202307	13 13
	13	5 47 51·56	+ 9 33 5·4	0·202297	13 13
	14	5 46 54·88	+ 9 32 49·0	0·202363	13 13
	15	5 45 58·07	+ 9 32 40·9	0·202504	13 13
	16	5 45 1·19	+ 9 32 41·2	0·202721	13 14
☍	17	5 44 4·32	+ 9 32 49·9	0·203013	13 15
	18	5 43 7·53	+ 9 33 6·9	0·203381	13 15
	19	5 42 10·89	+ 9 33 32·2	0·203824	13 16
	20	5 41 14·47	+ 9 34 5·7	0·204341	13 17
	21	5 40 18·34	+ 9 34 47·4	0·204933	13 18
	22	5 39 22·57	+ 9 35 37·3	0·205599	13 19
	23	5 38 27·23	+ 9 36 35·3	0·206338	13 21
	24	5 37 32·39	+ 9 37 41·3	0·207150	13 22
	25	5 36 38·10	+ 9 38 55·4	0·208033	13 24
	26	5 35 44·43	+ 9 40 17·4	0·208987	13 26
	27	5 34 51·45	+ 9 41 47·3	0·210012	13 27
	28	5 33 59·21	+ 9 43 25·0	0·211106	13 29
	29	5 33 7·78	+ 9 45 10·5	0·212269	13 32
	30	5 32 17·22	+ 9 47 8·6	0·213499	13 34
1874 Dec.	31	5 31 27·59	+ 9 49 4·2	0·214796	13 36
1875 Jän.	1	5 30 38·96	+ 9 51 12·3	0·216158	13 39
	2	5 29 51·39	+ 9 53 27·7	0·217583	13 42
	3	5 29 4·93	+ 9 55 50·2	0·219071	13 44
	4	5 28 19·64	+ 9 58 19·7	0·220620	13 47

(59) ☍ ☉ Dec. 17; 13^h

Lichtstärke = 1·29

Grösse = 10·6

III. (62) Erato.

Nachdem mir am 9. August 1871 die Wiederauffindung der Erato geglückt war, habe ich nur eine beiläufige Verbesserung (vergl. Nachweis f. B. J. 1874. LXIV. Bd. Sitzb. II. Abth. Oct.-Heft. Jahrgang 1871) der Elemente vorgenommen, die jedoch hinreichend genaue Ephemeriden für die Opposition des Jahres 1873 lieferten. Es kann jetzt noch nicht mit Erfolg an die Bestimmung definitiver Elemente geschritten werden, da die beobachteten Oppositionen keineswegs sich auf der Peripherie der Bahn gleichmässig vertheilen; andererseits schien es mir wünschenswerth, doch den Beobachtungen möglichst nahe neue Elemente anzuschliessen, um für die kommenden Oppositionen, in denen der Planet überaus lichtschwach wird, genaue Ephemeridenorte zu erlangen. Die Rechnungen, die ich zur Herleitung dieser neuen Elemente unternommen habe, sind in Kürze in den folgenden Zeilen dargelegt.

Zunächst war es nöthig, mir für die Oppositionen der Jahre 1871 und 1873 Normalorte zu bilden; die für die Vergleichung mit den Beobachtungen herangezogenen Ephemeriden enthält die oben citirte Abhandlung. Es fand sich so im Sinne Beobachtung—Rechnung.

Datum	Beobachtungsort	$d\alpha$	$d\delta$
1871 Sept.	5 Paris	+0"16	−0"9
„	5 Washington	+0·14	−0·9
„	6 Leipzig	+0·02	−1·4
„	8 Washington	+0·18	−1·4
„	9 Wien	−0·07	+4·0
„	9 Paris	+0·48	+3·2
„	9 Leipzig	+0·36	+5·4
„	9 Washington	+0·20	−1·9
„	10 Wien	+0·39	+6·1
„	10 Leiden	+0·09	−1·8
„	10 Leipzig	+0·07	+9·5
„	11 Wien	+0·19	+0·3
„	11 Leipzig	+0·42	+6·0
„	12 Leiden	+0·10	−2·7
„	12 Paris	+0·48	+2·9
„	13 Leipzig	+0·47	+0·5
„	14 Wien	+0·05	+7·6
„	14 Leiden	+0·09	−5·1
„	15 Wien	+0·07	+4.4
„	22 Greenwich	+0·32	−3·0
im Mittel Sept.	11·5	+0"21	+1"5

Weiter fanden sich als Correctionen der Ephemeride:

Datum	Beobachtungsort	$d\alpha$	$d\delta$
1873 Jän. 8	Hamburg . . .	+0·79	+2"0
„ 21	Berlin	+1·08	—2·0
„ 22	„	+1·06	—1·4
„ 27	„	+0·92	—2·6
im Mittel Jän. 19·5		+0"96	—1"0

Bildet man nun mit Hilfe dieser Ephemeriden-Correctionen die Normalorte und bezieht dieselben auf das mittlere Äquinoctium 1870·0 und entlehnt aus meiner ersten Abhandlung über diesen Planeten (LXIII. Band der Sitzber. II. Abtheil. April-Heft 1871, pag. 12 und 13) die daselbst als 1., 6. und 8. bezeichneten Normalorte, die auf das Äquinoctium 1860·0 bezogen sind und fügt die im Anhange zu dieser Abhandlung angeführte isolirte Berliner Beobachtung aus der dritten Opposition hinzu, bezogen auf dasselbe Äquinoctium, so erhält man jene Orte, an die ich die neue Bahn angeschlossen habe; sie sind nebst den zugehörigen Sonnencoordinaten:

Normalorte

	Datum	α	δ	
I.	1860 Sept. 19·5	8°41'29"8	+ 0°30' 5"0	
II.	1861 Febr. 6·5	19 2 37 0	+ 5 56 29 2	1860·0
III.	1861 Dec. 29·5	124 31 11·3	+19 0 44·6	
IV.	1863 April 10·5	184 36 22·4	+ 0 55 11·8	
V.	1871 Sept. 11·5	357 19 30·9	— 3 58 23·8	1870·0
VI.	1873 Jän. 19·5	109 32 30·7	+21 26 55·1	

Sonnencoordinaten

	Datum	X	Y	Z	
I.	1860 Sept. 19·5	—1·002406	+0·045211	+0 019616	
II.	1861 Febr. 6·5	+0·735593	—0·603209	−0·261750	
III.	1861 Dec. 29·5	+0·141563	—0·892624	−0·387334	1860·0
IV.	1863 April 10·5	+0·938976	+0·322484	+0·139932	
V.	1871 Sept. 11·5	—0·986627	+0·180561	+0·078348	
VI.	1873 Jän. 19·5	+0·491959	—0·781916	−0·339268	1870·0

Die vorhandenen, in den oben angezogenen Abhandlungen angeführten Störungswerthe umfassen den ganzen, durch diese Normalorte umschlossenen Zeitabschnitt; da aber die Fortführung

der Störungsrechnungen jedenfalls nothwendig war, und die bisherigen Elemente zur genauen Berechnung derselben völlig ausreichend sind, so habe ich zunächst die diesbezüglichen Rechnungen ausgeführt und bin schliesslich zu der Normalepoche gelangt, die ich für die Eratoelemente von nun ab stest festhalten werde; dieselbe ist 1874 Dec. 26·0 mittl. Berl. Zeit. Im Anschlusse an die bereits bekannten und von mir veröffentlichten Störungswerthe habe ich weiter ermittelt:

Mittl. Ekliptik 1870·0.

$$\text{Jupiter} = \frac{1}{1049}.$$

Datum	$40\,di:dt$	$40\,d\Omega:dt$	$40\,d\varphi:dt$	$40\,d\pi:dt$	$1600\,d\mu:dt$	$40\,dL:dt$
1872 Dec. 16	+0"090	− 0"89	+12"633	+2° 9'43	−5"2023	− 0"375
1873 Jän. 25	+0·101	− 0·58	+13·971	+2 39·19	−6·1990	− 5·674
März 6	+0·098	− 0·21	+14·894	+3 10·25	−7·1398	−12·856
April 15	+0·076	+ 0·10	+15·590	+3 40·09	−7·9470	−22·188
Mai 25	+0·027	+ 0·13	+16·295	+4 5·98	−8·5160	−33·814
Juli 4	−0·054	− 0·43	+17·619	+4 24·02	−8·7262	−47·628
Aug. 13	−0·169	− 1·93	+19·561	+4 32·65	−8·4312	−1' 3·166
Sept. 22	−0·314	− 4·73	+22·816	+4 28·83	−7·5189	−1 19·369
Nov. 1	−0·474	− 9·04	+27·724	+4 11·86	−5·9375	−1 34·653
Dec. 11	−0·625	−14·77	+34·444	+3 41·84	−3·7606	−1 47·000
1874 Jän. 20	−0·743	−21·51	+42·253	+3 7·07	−1·1530	−1 55·086
März 1	−0·805	−28·51	+50·458	+2 31·49	+1·5982	−1 57·607
April 10	−0·799	−34·88	+58·014	+2 0·68	+4·1898	−1 54·490
Mai 20	−0·727	−39·96	+63·982	+1 36·66	+6·3582	−1 46·567
Juni 29	−0·605	−43·19	+67·886	+1 24·01	+8·0180	−1 35·427
Aug. 8	−0·452	−44·49	+69·444	+1 20·12	+9·1083	−1 22·431
Sept. 7	−0·287	−44·10	+68·928	+1 22·79	+9·6957	−1 9·047
Oct. 27	−0·126	−42·37	+66·633	+1 28·10	+9·8571	− 56·195
Dec. 6	+0·018	−39·51	+62·991	+1 36·70	+9·7094	− 44·371
1875 Jän. 15	+0·140	−35·98	+58·465	+1 45·43	+9·3442	− 33·905
Febr. 24	+0·237	−32·07	+53·368	+1 53·10	+8·8324	− 24·864

$$\text{Saturn} = \frac{1}{3501 \cdot 6}.$$

Datum	$40\,di:dt$	$40\,d\Omega:dt$	$40\,d\varphi:dt$	$40\,d\pi:dt$	$1600\,d\mu:dt$	$40\,dL:dt$
1872 Dec. 16	+0·003	−0·029	+0·301	−0·086	−0·0369	−0·505
1873 Jän. 25	+0·003	−0·018	+0·280	−0·361	−0·0197	−0·539
März 6	+0·003	−0·007	+0·270	−0·649	−0·0029	−0·558
April 15	+0·004	+0·005	+0·271	−0·937	+0·0133	−0·562
Mai 25	+0·004	+0·017	+0·280	−1·204	+0·0282	−0·553
* Juli 4	+0·004	+0·029	+0·297	−1·442	+0·0417	−0·531
Aug. 13	+0·004	+0·041	+0·322	−1·631	+0·0537	−0·497
Sept. 22	+0·003	+0·051	+0·350	−1·768	+0·0640	−0·452
Nov. 1	+0·003	+0·061	+0·381	−1·854	+0·0727	−0·398
* Dec. 11	+0·003	+0·070	+0·410	−1·895	+0·0795	−0·337
1874 Jän. 20	+0·003	+0·077	+0·437	−1·883	+0·0847	−0·267
März 1	+0·002	+0·083	+0·460	−1·829	+0·0882	−0·193
April 10	+0·002	+0·086	+0·477	−1·741	+0·0899	−0·114
* Mai 20	+0·002	+0·088	+0·486	−1·622	+0·0900	−0·032
Juni 29	+0·001	+0·088	+0·488	−1·493	+0·0883	+0·051
Aug. 8	0·000	+0·086	+0·481	−1·357	+0·0849	+0·134
Sept. 7	0·000	+0·081	+0·464	−1·228	+0·0798	+0·217
* Oct. 27	0·000	+0·075	+0·436	−1·111	+0·0728	+0·297
Dec. 6	0·000	+0·066	+0·400	−1·028	+0·0640	+0·372
1875 Jän. 15	0·000	+0·056	+0·354	−0·986	+0·0532	+0·440
Febr. 24	0·000	+0·043	+0·299	−0·995	+0·0406	+0·500

Da sich Erato im März 1874 dem Jupiter sehr genähert hat, (der kleinste Abstand betrug etwa 1·95), so fallen die Störungen sehr gross aus; um dieselben möglichst genau zu erhalten, habe ich die Elemente nach je vier Intervallen (alle 160 Tage) abgeändert, und stets die Osculationsepoche zwischen das zweite und dritte Intervall gelegt; hierdurch werden der Hauptsache nach die allenfalls störend auftretenden Glieder zweiter Ordnung fast unschädlich gemacht.

Ich habe nun, indem ich als Anfangsgrenze der Integration die neue Osculationsepoche 1874 December 26·0 annahm, diese Differentialquotienten in Verbindung mit dem in den früheren Abhandlungen enthaltenen integrirt. Die Mittheilung einer speciellen Störungstafel würde viel Raum in Anspruch nehmen; ich habe mich daher begnügt, für die Zeiten der beobachteten Oppositionen Specialtafeln mitzutheilen, an die ich sofort auch eine

solche für die kommende Opposition (1874) angeschlossen habe. Vor 1865·0 gilt die mittlere Ekliptik 1860·0 nach diesem Zeitpunkte die des Jahres 1870·0 als Fundamentalebene.

Jupiter.

Datum	Δi	$\Delta\Omega$	$\Delta\varphi$	$\Delta\pi$	$\Delta\mu$	ΔL
1860 Aug. 1	— 6"73	+33'41"4	— 9'36"30	—4°25'22"9	+0"1760	+1°20'29"07
„ 21	— 6·71	+33 41·8	— 9 40·12	—4 25 14·0	+0·1981	+1 20 31·14
Sept. 10	— 6·70	+33 42·3	— 9 44·02	—4 25 5·7	+0·2206	+1 20 33·97
„ 30	— 6·69	+33 42·7	— 9 47·97	—4 24 58·1	+0·2434	+1 20 37·60
Oct. 20	— 6·69	+33 43·1	— 9 51·95	—4 24 51·3	+0·2662	+1 20 42·01
Nov. 9	— 6·68	+33 43·5	— 9 55·95	—4 24 45·3	+0·2888	+1 20 47·22
„ 29	— 6·68	+33 43·9	— 9 59·90	—4 24 40·1	+0·3112	+1 20 53·21
Dec. 19	— 6·67	+33 44·2	—10 3·80	—4 24 35·6	+0·3331	+1 20 59·97
1861 Jän. 8	— 6·67	+33 44·5	—10 7·60	—4 24 31·8	+0·3544	+1 21 7·51
„ 28	— 6·67	+33 44·7	—10 11·27	—4 24 28·6	+0·3747	+1 21 15·81
Febr. 17	— 6·67	+33 44·9	—10 14·78	—4 24 25·8	+0·3939	+1 21 24.86
1861 Nov. 24	— 6·69	+33 45·5	—10 38·23	—4 21 59·1	+0·4232	+1 24 19·61
Dec. 4	— 6·69	+33 45·6	—10 38·39	—4 21 43·8	+0·4124	+1 24 25·98
„ 14	— 6·70	+33 45·6	—10 38·55	—4 21 27·3	+0·4006	+1 24 32·22
„ 24	— 6·70	+33 45·7	—10 38·72	—4 21 9·7	+0·3877	+1 24 38·31
1862 Jän. 3	— 6·71	+33 45·7	—10 38·90	—4 20 50·9	+0·3737	+1 24 44·24
„ 13	— 6·72	+33 45·8	—10 39·11	—4 20 30·8	+0·3587	+1 24 49·97
„ 23	— 6·73	+33 45·8	—10 39·35	—4 20 9·5	+0·3426	+1 24 55·50
Febr. 2	— 6·74	+33 45·8	—10 39·63	—4 19 46·9	+0·3254	+1 25 0·81
„ 12	— 6·76	+33 45·9	—10 39·94	—4 19 22·9	+0·3070	+1 25 5·88
1863 März 19	—11·22	+31 54·5	—13 17·15	—3 43 5·7	—1·4447	+1 19 47·75
„ 29	—11·46	+31 43·4	—13 26·30	—3 41 43·3	—1·5097	+1 19 16·74
April 8	—11·71	+31 31·4	—13 35·65	—3 40 20·1	—1·5749	+1 18 44·12
„ 18	—11·96	+31 18·6	—13 45·20	—3 38 56·4	—1·6399	+1 18 9·89
„ 28	—12·22	+31 5·0	—13 54·90	—3 37 31·9	—1·7047	+1 17 33·99
1871 Aug. 24	+ 5·48	+ 6 10·30	—12 32·96	—1 1 39·29	+0·4285	+25 36·95
Sept. 3	+ 5·49	+ 6 10·62	—12 34·53	—1 1 30·09	+0·4402	+25 41·53
„ 13	+ 5·50	+ 6 10·94	—12 36·08	—1 1 21·15	+0·4517	+25 46·30
„ 23	+ 5·51	+ 6 11·25	—12 37·62	—1 1 12·48	+0·4630	+25 51·27
Oct. 3	+ 5·52	+ 6 11·56	—12 39·15	—1 1 4·07	+0·4741	+25 56·44
1872 Dec. 16	+ 5·81	+ 6 10·25	—12 19·75	—52 29·81	+0·2374	+30 46·13
„ 26	+ 5·83	+ 6 10·04	—12 16·55	—51 56·55	+0·2041	+30 48·10
1873 Jän. 5	+ 5·86	+ 6 9·84	—12 13·26	—51 21·46	+0·1692	+30 49·42
„ 15	+ 5·88	+ 6 9·66	—12 9·88	—50 44·49	+0·1328	+30 50·05
„ 25	+ 5·91	+ 6 9·51	—12 6·42	—50 5·63	+0·0948	+30 49·96
Febr. 4	+ 5·93	+ 6 9·38	—12 2·89	—49 24·88	+0·0553	+30 49·09
„ 14	+ 5·96	+ 6 9·27	—11 59·30	—48 42·22	+0·0143	+30 47·42
1874 März 1	+ 3·57	+ 5 3·16	— 8 3·57	—12 2·41	—1·4486	+14 40·28
„ 11	+ 3·17	+ 4 55·84	— 7 50·72	—11 25·55	—1·4367	+13 56·47
„ 21	+ 2·97	+ 4 48·09	— 7 37·38	—10 50·71	—1·4203	+13 12·90
„ 31	+ 2·77	+ 4 39·96	— 7 23·55	—10 17·84	—1·3999	+12 29·73
April 10	+ 2·57	+ 4 31·44	— 7 9·24	— 9 46·81	—1·3756	+11 47·06

Saturn.

Datum	Δi	$\Delta\Omega$	$\Delta\varphi$	$\Delta\pi$	$\Delta\mu$	ΔL
1860 Aug. 1	—0'32	—6'63	— 7'99	—2'26'17	—0'0240	+2'29'87
„ 21	—0·32	—6·59	— 8·21	—2 26·13	—0·0229	+2 29·18
Sept. 10	—0·32	—6·54	— 8·46	—2 26·08	—0·0217	+2 28·52
„ 30	—0·32	—6·50	— 8·71	—2 26·02	—0·0204	+2 27·92
Oct. 20	—0·32	—6·46	— 8·97	—2 25·96	—0·0190	+2 27·37
Nov. 9	—0·32	—6·42	— 9·24	—2 25·91	—0·0176	+2 26·88
„ 29	—0·32	—6·38	— 9·51	—2 25·89	—0·0161	+2 26·44
Dec. 19	—0·32	—6·34	— 9·78	—2 25·88	—0·0146	+2 26·07
1861 Jän. 8	—0·32	—6·30	—10·05	—2 25·90	—0·0131	+2 25·75
„ 28	—0·32	—6·26	—10·32	—9 25·94	—0·0116	+2 25·50
Febr. 17	—0·32	—6·23	—10·57	—2 26·00	—0·0102	+2 25·30
1861 Nov. 24	—0·31	—6·16	—12·00	—2 17·94	—0·0079	+2 26·17
Dec. 4	—0·31	—6·17	—11·99	—2 16·94	—0·0087	+2 26·18
„ 14	—0·31	—6·18	—11·97	—2 15·87	—0·0096	+2 26·17
„ 24	—0·31	—6·19	—11·94	—2 14·73	—0·0105	+2 26·14
1862 Jän. 3	—0·31	—6·19	—11·91	—2 13·53	—0·0115	+2 26·09
„ 13	—0·31	—6·20	—11·89	—2 12·26	—0·0125	+2 26·03
„ 23	—0·31	—6·20	—11·86	—2 10·92	—0·0136	+2 25·94
Febr. 2	—0·30	—6·21	—11·83	—2 9·51	—0·0148	+2 25·83
„ 12	—0·30	—6·21	—11·80	—2 8·03	—0·0160	+2 25·70
1863 März 19	—0·16	—3·58	— 9·21	—54·26	—0·0630	+1 53·01
„ 29	—0·16	—3·45	— 9·02	—52·94	—0·0629	+1 51·70
April 8	—0·16	—3·31	— 8·81	—51·67	—0·0627	+1 50·39
„ 18	—0·15	—3·17	— 8·58	—50·43	—0·0624	+1 49·09
„ 28	—0·15	—3·02	— 8·32	—49·24	—0·0621	+1 47·80
1871 Aug. 24	—0·05	— 0·60	—10·89	+19·66	—0·0083	+24·84
Sept. 3	—0·05	—0·59	—10·91	+20·07	—0·0081	+24·84
„ 13	—0·05	—0·59	—10·91	+20·44	—0·0079	+24·85
„ 23	—0·05	—0·59	—10·90	+20·77	—0·0078	+24·86
Oct. 3	—0·05	—0·59	—10·88	+21·06	—0·0077	+24·87
1872 Dec. 16	—0·04	—0·96	— 7·14	+25·09	—0·0264	+16·85
„ 26	—0·04	—0·97	— 7·06	+25·06	—0·0266	+16·46
1873 Jän. 5	—0·04	—0·98	— 7·99	+25·02	—0·0268	+16·06
„ 15	—0·04	—0·98	— 7·92	+24·95	—0·0270	+15·66
„ 25	—0·04	—0·99	— 7·85	+24·87	—0·0271	+15·26
Febr. 4	—0·04	—0·99	— 7·78	+24·77	—0·0272	+14·85
„ 14	—0·04	—1·00	— 7·71	+24·66	—0·0273	+14·44
1874 März 1	0·00	—0·61	— 3·46	+10·48	—0·0153	+ 1·33
„ 11	0·00	—0·59	— 3·35	+10·03	—0·0148	+ 1·13
„ 21	0·00	—0·57	— 3·23	+ 9·58	—0·0142	+ 0·94
„ 31	0·00	—0·55	— 3·11	+ 9·14	—0·0137	+ 0·77
April 10	0·00	—0·53	— 2·99	+ 8·70	—0·0131	+ 0·61

Entlehnt man aus diesen Störungstafeln für die Zeiten der Normalorte die Störungswerthe, so erhält man für die vereinigten Jupiter- und Saturnstörungen die folgenden Werthe:

Datum	Δi	$\Delta\Omega$	$\Delta\varphi$	$\Delta\pi$	$\Delta\mu$	ΔL	
1860 Sept. 19·5	− 7″0	+38′ 36″0	− 9′ 54″5	−4°27′ 28″2	+0″2103	+1°23′ 3″8	1860·0
1861 Febr. 6·5	− 7·0	+33 38·6	−10 23·3	−4 26 53·3	+0·3729	+1 23 45·4	
1861 Dec. 29·5	− 7.0	+33 39·5	−10 50·7	−4 23 13·6	+0·3691	+1 27 7·7	
1863 April 10·5	−12·0	+31 25·0	−13 46·8	−3 40 50·1	−1·6537	+1 20 25·9	
1871 Sept. 11·5	+ 5·5	+ 6 10·3	−12 46·7	−1 1 2·1	+0·4421	+0 26 10·4	1870·0
1873 Jän. 19·5	+ 5·9	+ 6 8·6	−12 15·2	−0 50 2·3	+0·0889	+0 31 5·6	

Als Ausgangspunkt für die weitere Untersuchung nahm ich jene Elemente an, die ich aus der Verbindung der Beobachtungen der ersten zwei Oppositionen mit den Beobachtungen aus den Jahren 1871 abgeleitet hatte, und die einen ganz merkbaren Fehler für die dritte Opposition zeigten; dieselben sind übertragen auf die neue Osculationsepoche.

(62) Erato.

Epoche und Osculation 1874 Dec. 26·0 mittl. Berl. Zeit
mittl. Äq. 1870·0.

$$
\begin{aligned}
L &= 219^\circ\ 7'\,58''3\\
M &= 180\ 40\ 58\cdot5\\
\pi &= \ 38\ 26\ 59\cdot8\\
\Omega &= 125\ 42\ 46\cdot3\\
i &= \ \ 2\ 12\ 24\cdot0\\
\varphi &= \ \ 6\ 59\ 14\cdot9\\
\mu &= 640''8952
\end{aligned}
$$

Will man diese Elemente auf ein anderes Äquinoctium übertragen, so hat man zur Reduction auf 1860:

$$
1870\text{—}1860\begin{cases}\Delta\pi = -8'22''45\\ \Delta\Omega = -6\ 50\cdot69\\ \Delta i = \ \ +\ 3\cdot24\end{cases}
$$

die Reduktion auf 1880 findet sich

$$
1870\text{—}1880\begin{cases}\Delta\pi = +8'22''47\\ \Delta\Omega = +6\ 50\cdot72\\ \Delta i = \ \ -\ 3\cdot24.\end{cases}
$$

Man wird zu beachten haben, dass die Störungswerthe diese Reduction in etwas verändern können; um auf diesen Umstand streng Rücksicht zu nehmen, wird man leicht die nöthigen Näherungsformeln ableiten können; ist nämlich bei der Änderung des Äquinoctiums die Störung im Knoten $\Delta\Omega$ in der Neigung Δi und bezeichnen π und Π die bekannten Präcessionsconstanten, die für die Übertragung des Äquinoctiums benützt werden, so findet sich die Correction im Knoten, Perihel und der Neigung nach:

$$d\Omega = \operatorname{cotg} i \,.\, \pi \cos(\Omega - \Pi)\Delta\Omega \sin 1'' - \frac{\pi \sin(\Omega - \Pi)}{\sin i^2} \Delta i \sin 1''$$

$$d\pi = -\operatorname{tg} \tfrac{1}{2} i \pi \cos(\Omega - \Pi)\Delta\Omega \sin 1'' - \frac{\pi \sin(\Omega - \Pi)}{2 \cos \tfrac{1}{2} i^2} \Delta i \sin 1''$$

$$di = \pi \sin(\Omega - \Pi)\Delta\Omega \sin 1'',$$

so findet sich z. B. die Störung am 7. Jänner 1865, von welchem Datum das Äquinoctium von 1870·0 auf 1860·0 abgeändert erscheint:

$$\Delta\Omega = +7'54'' \qquad \Delta i = -1'',$$

also die Correction, welche an die obigen Präcessionswerthe anzubringen wären

$$d\Omega = -0''185$$
$$d\pi = 0\cdot000$$
$$di = +0\cdot008.$$

Ich habe aber diese Änderungen sofort bei der Summirung der Differentialquotienten mitgenommen, so dass die obigen Störungswerthe diese Correctionen schon enthalten, daher die obigen Reductionselemente ohne weitere Änderung zur Übertragung auf 1860 benützt werden können.

Die obigen Elemente lassen zufolge 6stelliger Rechnung in den oben angeführten Normalorten die folgenden Fehler übrig (B.—R.):

	$d\alpha$	$d\delta$
1860 Sept. 19·5	− 0″4	+0·5
1861 Febr. 6·5	+ 1·1	−2·2
1861 Dec. 29·5	− 0·3	+1·7
1863 April 10·5	+16·3	−8·1
1871 Sept. 11·5	+ 3·1	+1·8
1873 Jän. 19·5	+13·7	−1·0

Stellt man die Bedingungsgleichungen zwischen den Änderungen der äquatorealen Elemente und den beobachteten Coordinaten nach den von mir veröffentlichten Formeln (LXI. Bd. der Sitzb. Mai-Heft 1870) auf, so findet man als Bedingungsgleichungen (logarithmisch) für die

Rectascensionen.

$0{\cdot}3109\ dL'$	$+4_n0266\ d\mu$	$+0_n1701\ d\varphi$	$+9_n7556\ d\pi'$	$+9{\cdot}4962 \sin i'\ d\Omega'$	$+7{\cdot}4923\ di'$	$= -0''4 \cos\delta_1$
$0{\cdot}0496$	3_n7595	9_n2136	9_n5332	$9{\cdot}0566$	9_n2725	$+ 1{\cdot}1 \cos\delta_2$
$0{\cdot}1844$	8_n8582	$0{\cdot}4638$	9_n0508	9_n2639	$9{\cdot}4096$	$- 0{\cdot}3 \cos\delta_3$
$9{\cdot}9808$	3_n6140	$0{\cdot}0486$	$9{\cdot}4897$	$9{\cdot}4290$	8_n5718	$+16{\cdot}3 \cos\delta_4$
$0{\cdot}2882$	3_n3648	0_n3297	9_n6752	$9{\cdot}4705$	$9{\cdot}0577$	$+ 3{\cdot}1 \cos\delta_5$
$0{\cdot}2356$	3_n0920	$0{\cdot}4700$	9_n3621	9_n3953	$9{\cdot}1405$	$+13{\cdot}7 \cos\delta_6$

Declinationen.

$9{\cdot}9211$	3_n6374	9_n8041	9_n3614	0_n2039	7_n8822	$+ 0''5$
$9{\cdot}6465$	3_n3559	8_n7877	9_n1296	9_n8687	$9{\cdot}6771$	$- 2{\cdot}2$
9_n4600	$3{\cdot}1329$	9_n7447	$8{\cdot}2794$	$9{\cdot}7382$	$0{\cdot}1275$	$+ 1{\cdot}7$
9_n5922	$3{\cdot}2267$	9_n6738	9_n0949	$0{\cdot}1356$	8_n9604	$- 8{\cdot}1$
$9{\cdot}8943$	2_n9735	9_n9485	9_n2749	0_n1929	9_n4505	$+ 1{\cdot}8$
9_n2222	$2{\cdot}0763$	9_n4591	$8{\cdot}3400$	$9{\cdot}6847$	$0{\cdot}1531$	$- 1{\cdot}0$

Ehe ich diese Gleichungen in die Normalgleichungen zusammenfasste, habe ich den für den vierten Normalort resultirenden Bedingungsgleichungen das Gewicht $^1/_4$ gegeben, da dieser Ort nur auf einer einigermassen unsicheren Beobachtung (auch die Bestimmung des Vergleichssternes ist nicht sonderlich) beruht; ferner habe ich, um die weiteren Rechnungen bequemer und sicherer zu gestalten, neue Unbekannte eingeführt, die so gewählt sind, dass der grösste Coëfficient derselben in den neuen Bedingungsgleichungen nicht die Einheit überschreitet, ich habe nämlich angenommen:

$$a = [0\cdot3109]dL'$$
$$b = [4\cdot0266]d\mu$$
$$c = [0\cdot4700]d\varphi$$
$$d = [9\cdot7556]d\pi'$$
$$e = [9\cdot7817]d\Omega'$$
$$f = [0\cdot1531]di'$$

und als Fehlereinheit 10" angesetzt. Man erhält dann aus den Bedingungsgleichungen die folgenden Bestimmungsgleichungen (logarithmisch):

$0\cdot5929a$	$+0_n3849b$	$+9\cdot3753c$	$+0_n4595d$	$+9_n8929e$	$+7\cdot4150f = 0\cdot2094$
$9\cdot7717$	$9\cdot0081$	$8\cdot9531$	7_n6972	6_n7708	$= 9\cdot7986$
	$0\cdot4688$	$9\cdot9723$	8_n6972	$7\cdot3502$	$= 9\cdot9707$
		$9\cdot3744$	8_n4847	7_n6998	$= 9\cdot3884$
			$0\cdot4008$	$0\cdot7956$	$= 8\cdot5730$
				$0\cdot2904$	$= 8\cdot8856$

Daraus finden sich

$$\log a = 0\cdot2403$$
$$\log b = 9\cdot9586$$
$$\log c = 8_n0807$$
$$\log d = 0\cdot0146$$
$$\log e = 7\cdot7071$$
$$\log f = 8\cdot5952;$$

ermittelt man zunächst die Correctionen der äquatorealen Elemente und überträgt diese Änderungen auf die Ekliptik, so findet man

$$dL = +\ 8''5$$
$$d\pi = +18''1$$
$$d\Omega = -\ 6''6$$
$$di = -\ 0''1$$
$$d\varphi = 0''0$$
$$d\mu = +0''00085$$

und die verbesserten Elemente sind:

(62) Erato.

Epoche und Osculation 1874, Dec. 26·0 Berl. Zeit.
mittl. Äquinoct. 1870·0.

$$
\begin{aligned}
L &= 219^\circ\ 8'\ 6''8 \\
M &= 180\ 40\ 48\cdot9 \\
\pi &= 38\ 27\ 17\cdot9 \\
\Omega &= 125\ 42\ 39\cdot7 \\
i &= 2\ 12\ 23\cdot9 \\
\varphi &= 9\ 59\ 14\cdot9 \\
\mu &= 640''89605 \\
\log a &= 0\cdot4954793
\end{aligned}
$$

mit folgender Darstellung der Orte:

	$d\alpha \cos\delta$	$d\delta$	
1860 Sept. 19·5	+1″5	+1·5	
1861 Febr. 6·5	+2·8	−1·7	
1861 Dec. 29·5	−5·1	+2·2	
1863 April 10·5	+6·3	−4·0	(Gewicht ¼)
1871 Sept. 11·5	−2·9	−0·7	
1873 Jän. 19·5	+3·4	−0·5.	

Diese Darstellung ist keineswegs befriedigend; es lassen sich mehrfache Ursachen für diese starken Abweichungen hypothetisch anführen; ich will aber diese Untersuchung erst in Angriff nehmen, wenn der Planet in den folgenden drei Oppositionen beobachtet sein wird, ich hoffe dann eine definitive Bahnbestimmung geben zu können; für die nächsten Zwecke, nämlich die Beischaffung genauer Ephemeriden, werden die obigen Elemente für eine längere Reihe von Jahren sich völlig ausreichend erweisen.

Die nächste Opposition findet am 22. März 1874 statt; ich habe daher mit Hilfe der obigen Störungswerthe die Elemente auf 1874 März 21·0 als neuen Osculationspunkt übertragen und finde darnach die folgenden Werthe:

Angewandte Elemente.

Epoche und Osculation 1874 März 21·0, Berl. Zeit
mittl. Äquinoct. 1870·0.

$$L = 169°30'29''7$$
$$M = 131\ 13\ 53·1$$
$$\pi = 38\ 16\ 36·6$$
$$\Omega = 125\ 47\ 27·2$$
$$i = 2\ 12\ 26·9$$
$$\varphi = 9\ 51\ 34·3$$
$$\mu = 639''4615$$
$$\log a = 0·496129$$

$$x = [9·999788]r \sin (v + 128°17'49''4)$$
$$y = [9·966695]r \sin (v + 39\ 1\ 34·6)$$
$$z = [9·577928]r \sin (v + 33\ 54\ 40·6)$$

62 Erato 1874.

Jahresephemeride.

0ʰ Berl. Zeit		AR	Decl.	log Δ	log r
Jän.	0	12ʰ30ᵐ7	− 1°31'	0·513	0·537
„	20	12 37·3	− 1 57	0·476	0·540
Febr.	9	12 36·9	− 1 34	0·440	0·543
März	1	12 28·3	− 0 26	0·414	0·545
„	21	12 15·2	+ 1 9	0·404	0·548
April	10	12 1·4	+ 2 40	0·415	0·550
„	30	11 51·7	+ 3 38	0·442	0·553
Mai	20	11 48·7	+ 3 48	0·480	0·554
Juni	9	11 52·4	+ 3 15	0·519	0·556
„	29	12 1·9	+ 2 3	0·557	0·558
Juli	19	12 15·9	+ 0 24	0·591	0·559
Aug.	8	12 33·3	− 1 34	0·619	0·561
„	28	12 53·1	− 3 44	0·641	0·562
Sept.	17	13 14·7	− 6 2	0·657	0·563
Oct.	7	13 37·7	− 8 18	0·666	0·563
„	27	14 1·4	−10 31	0·668	0·564
Nov.	16	14 25·5	−12 34	0·664	0·564
Dec.	6	14 49·2	−14 23	0·652	0·565
„	26	15 11·7	−15 56	0·633	0·565

(62) Erato 1874.

Oppositionsephemeride.

12h Berl. Zeit		α	δ	log Δ	Abrrzt.
1874 März	5	12h 25m 43·63	−0° 6′ 36″2	0·410063	21m 20s
	6	12 25 6·24	−0 1 58·6	0·409330	21 18
	7	12 24 28·22	+0 2 42·3	0·408643	21 16
	8	12 23 49·60	+0 7 26·1	0·408003	21 14
	9	12 23 10·41	+0 12 12·6	0·407412	21 12
	10	12 22 30·69	+0 17 1·5	0·406869	21 11
	11	12 21 50·46	+0 21 52·7	0·406376	21 9
	12	12 21 9·77	+0 26 45·8	0·405932	21 8
	13	12 20 28·65	+0 31 40·7	0·405537	21 7
	14	12 19 47·14	+0 36 37·0	0·405193	21 6
	15	12 19 5·29	+0 41 34·5	0·404900	21 5
	16	12 18 23·13	+0 46 32·9	0·404658	21 4
	17	12 17 40·69	+0 51 31·9	0·404467	21 3
	18	12 16 58·02	+0 56 31·2	0·404329	21 3
	19	12 16 15·16	+1 1 30·6	0·404244	21 3
	20	12 15 32·16	+1 6 29·7	0·404211	21 3
	21	12 14 49·06	+1 11 28·2	0·404230	21 3
	22	12 14 5·91	+1 16 25·9	0·404301	21 3
☌	23	12 13 22·74	+1 21 22·4	0·404425	21 3
	24	12 12 39·59	+1 26 17·5	0·404600	21 4
	25	12 11 56·51	+1 31 11·0	0·404827	21 4
	26	12 11 13·53	+1 36 2·6	0·405105	21 5
	27	12 10 30·68	+1 40 52·0	0·405435	21 6
	28	11 9 48·02	+1 45 39·0	0·405815	21 7
	29	12 9 5·57	+1 50 23·3	0·406246	21 8
	30	12 8 23·37	+1 55 4·7	0·406727	21 10
	31	12 7 41·46	+1 59 43·0	0·407257	21 12
April	1	12 6 59·88	+2 4 18·0	0·407837	21 13
	2	12 6 18·66	+2 8 49·3	0·408466	21 15
	3	12 5 37·85	+2 13 16·8	0·409144	21 17
	4	12 4 57·47	+2 17 40·2	0·409871	21 19
	5	12 4 17·56	+2 21 59·5	0·410644	21 22
	6	12 3 38·14	+2 26 14·3	0·411464	21 24
	7	12 2 59·25	+2 30 24·5	0·412330	21 26
	8	12 2 20·92	+2 34 29·9	0·413240	21 29
	9	12 1 43·16	+2 38 30·3	0·414193	21 32
	10	12 1 6·01	+2 42 25·7	0·415189	21 35

(62) ☌ ☉ März 22; 23h.

Lichtstärke = 0·55

Grösse = 13·0.

IV. (64) Angelina.

Seit dem Jahre 1868 dienen mir die folgenden Elemente des Planeten (64) Angelina zur Grundlage meiner Vorausberechnungen:

(64) Angelina.

Epoche, Osculation und mittl. Äquin. 1865 Jän. 7·0 m. Berl. Zeit.

$$
\left.\begin{aligned}
L &= 119°24'25''8 \\
M &= 355\ 46\ 58\cdot1 \\
\pi &= 123\ 37\ 27\cdot7 \\
\Omega &= 311\ 10\ 13\cdot3 \\
i &= 1\ 19\ 54\cdot3 \\
\varphi &= 7\ 21\ 54\cdot7 \\
\mu &= 808''31196 \\
\log.\ a &= 0\cdot4282850.
\end{aligned}\right\}
\text{Vgl. Oppolzer LX. Bd. der Sitzungsber. II. Abth. Oct.-Heft 1869.}
$$

Der Anschluss an die bisher beobachteten Oppositionen stellt sich wie folgt:

			$d\alpha$	$d\delta$	
1861	März	28·5	+0''8	+0''6	
1863	Sept.	26·5	−2·5	+0·3	
1865	Jän.	28·5	+1·2	+0·2	
1866	Mai	26·5	−2·2	+0·1	
1867	Aug.	24·5	+3·6	+1·6	
1868	Dec.	2·5	−1·0	−0·8	
1870	April	17·5	−1·2	+0·1	(vorausberechnet).
1871	Juli	16·5	+4·2	−1·0	
1872	Oct.	15·5	+0·7	+1·1	

Um die Ephemeriden für das Jahr 1874 herstellen zu können, war es nöthig, die Störungsrechnungen fortzusetzen, indem dieselben in der bei der Mittheilung der Elemente citirten Abhandlung nur bis 1874 Jänner 20·0 fortgeführt erscheinen. Die Differentialquotienten der Elementenstörungen habe ich wie folgt, gefunden:

Mittl. Ekliptik 1870·0.

Jupiter $= \frac{1}{1049}$

Datum	$40\,di:dt$	$40\,d\Omega:dt$	$40\,d\varphi:dt$	$40\,d\pi:dt$	$1600\,d\mu:dt$	$40\,dL:dt$
1874 Jän. 10	−0"287	− 2"189	+ 9·401	+ 1"39	−1"2287	− 3"801
„ 30	−0·334	− 4·079	+ 9·870	+ 1·62	−1·2638	− 5·556
Febr. 19	−0·379	− 6·458	+10·115	+ 0·92	−1·2546	− 7·456
März 11	−0·419	− 9·304	+10·114	− 1·23	−1·1931	− 9·434
„ 31	−0·450	−12·540	+ 9·854	− 5·20	−1·0743	−11·389
April 20	−0·469	−16·033	+ 9·360	−11·38	−0·8978	−13·204
Mai 10	−0·473	−19·597	+ 8·673	−19·58	−0·6693	−14·733
„ 30	−0·460	−22·962	+ 7·861	−29·60	−0·3996	−15·855
Juni 19	−0·429	−25·905	+ 7·010	−40·80	−0·1067	−16·484
Juli 9	−0·384	−28·213	+ 6·197	−52·33	+0·1904	−16·561
„ 29	−0·327	−29·755	+ 5·488	−1' 3·35	+0·4719	−16·110
Aug. 18	−0·263	−30·451	+ 4·921	−1 13·01	+0·7214	−15·172
Sept. 7	−0·196	−30·368	+ 4·523	−1 20·56	+0·9275	−13·862
„ 27	−0·131	−29·545	+ 4·258	−1 26·00	+1·0855	−12·281
Oct. 17	−0·070	−28·139	+ 4·107	−1 29·08	+1·1946	−10·542
Nov. 6	−0·017	−26·304	+ 4·041	−1 29·95	+1·2582	− 8·750
„ 26	+0·028	−24·175	+ 4·023	−1 28·84	+1·2818	− 6·979
Dec. 16	+0·064	−21·893	+ 4·022	−1 26·13	+1·2727	− 5·294
1875 Jän. 5	+0·092	−19·568	+ 4·019	−1 22·24	+1·2385	− 3·734

Saturn $= \frac{1}{3501{\cdot}6}$.

1874 Jän. 10	−0"001	−0"007	−0"056	−0"966	+0"0107	−0"192
„ 30	−0·001	−0·011	−0·070	−1·015	+0·0137	−0·180
Febr. 19	−0·001	−0·017	−0·081	−1·075	+0·0165	−0·167
März 11	−0·001	−0·022	−0·090	−1·138	+0·0188	−0·150
„ 31	−0·001	−0·028	−0·096	−1·200	+0·0209	−0·135
April 20	−0·001	−0·034	−0·100	−1·259	+0·0226	−0·109
Mai 10	−0·001	−0·039	−0·101	−1·305	+0·0238	−0·086
„ 30	−0·001	−0·044	−0·100	−1·339	+0·0244	−0·062
Juni 19	−0·001	−0·048	−0·097	−1·356	+0·0247	−0·036
Juli 9	−0·001	−0·051	−0·094	−1·351	+0·0245	−0·010
„ 29	−0·001	−0·053	−0·089	−1·324	+0·0238	+0·017
Aug. 18	0·000	−0·053	−0·084	−1·272	+0·0227	+0·043
Sept. 7	0·000	−0·052	−0·079	−1·195	+0·0211	+0·069
„ 27	0·000	−0·049	−0·076	−1·094	+0·0192	+0·094
Oct. 17	0·000	−0·044	−0·074	−0·972	+0·0168	+0.117
Nov. 6	0·000	−0·037	−0·073	−0·827	+0·0140	+0·139
„ 26	0·000	−0·028	−0·075	−0·664	+0·0109	+0·157
Dec. 16	0·000	−0·017	−0·079	−0·485	+0·0075	+0·174
1874 Jän. 5	0·000	−0·005	−0·087	−0·293	+0·0039	+0·187

Die Fortsetzung der Störungstafeln der oben citirten Abhandlung gestaltet sich wie folgt (Osculations-Epoche: 1865 Jänner 7·0):

Mittl. Ekliptik 1870·0

Jupiter

Datum	Δi	$\Delta\Omega$	$\Delta\pi$	$\Delta\varphi$	ΔL	$\Delta\mu$
1874 Jän. 20	−30″70	−15′ 5″0	+2° 0′51″8	−6′ 5″36	−40′14·17	−0·4351
Febr. 9	−31·04	−15 9·1	2 0 53·4	−5 55·50	−40 29·07	−0·4982
März 1	−31·41	−15 15·5	2 0 54·2	−5 45·40	−40 47·12	−0·5608
„ 21	−31·83	−15 24·8	2 0 52·9	−5 35·30	−41 8·37	−0·6204
April 10	−32·28	−15 37·4	2 0 47·6	−5 25·45	−41 32·71	−0·6739
„ 30	−32·75	−15 53·4	2 0 36·2	−5 16·10	−41 59·84	−0·7187
Mai 20	−33·22	−16 13·0	2 0 16·5	−5 7·43	−42 29·29	−0·7521
Juni 9	−33·68	−16 36·0	1 59 46·9	−4 59·57	−43 0·39	−0·7720
„ 29	−34·11	−17 1·9	1 59 6·1	−4 52·55	−43 32·37	−0·7774
Juli 19	−34·49	−17 30·0	1 58 13·8	−4 46·36	−44 4·39	−0·7679
Aug. 8	−34·82	−17 59·7	1 57 10·4	−4 40·87	−44 35·62	−0·7443
„ 28	−35·08	−18 30·2	1 55 57·5	−4 35·94	−45 5·32	−0·7084
Sept. 17	−35·28	−19 0·5	1 54 37·0	−4 31·41	−45 32·89	−0·6621
Oct. 7	−35·41	−19 30·0	1 53 11·1	−4 27·15	−46 57·88	−0·6079
„ 27	−35·48	−19 58·1	1 51 42.2	−4 23·04	−46 19·99	−0·5483
Nov. 16	−35·50	−20 24·4	1 50 12·3	−4 18·99	−46 39·08	−0·4854
Dec. 6	−35·47	−20 48·6	1 48 43·5	−4 14·97	−46 55·13	−0·4214
„ 26	−35·41	−21 10·5	1 47 17·4	−4 10·95	−47 8·22	−0·3579
1875 Jän. 15	−35·32	−21 30·1	1 45 55·2	−4 6·93	−47 18·50	−0·2960

Saturn

1874 Jän. 20	+0″37	−46″83	+ 6″97	+14″96	−48″85	−0″0116
Febr. 9	+0·57	−46·84	+ 5·96	+14·89	−49·26	−0·0109
März 1	+0·37	−46·85	+ 4·88	+14·81	−49·63	−0·0101
„ 21	+0·37	−46·88	+ 3·74	+14·72	−48·98	−0·0091
April 10	+0·36	−46·90	+ 2·54	+14·63	−50·28	−0·0081
„ 30	+0·36	−46·94	+ 1·28	+14·53	−50·54	−0·0069
Mai 20	+0·36	−46·98	− 0·02	+14·43	−50·75	−0·0058
Juni 9	+0·36	−47·02	− 1·36	+14·33	−50·92	−0·0045
„ 29	+0·36	−47·07	− 2·71	+14·23	−51·03	−0·0033
Juli 19	+0·36	−47·12	− 4·06	+14·14	−51·09	−0·0021
Aug. 8	+0·36	−47·17	− 5·39	+14·05	−51·11	−0·0009
„ 28	+0·36	−47·23	− 6·66	+13·96	−51·07	+0·0002
Sept. 17	+0·36	−47·28	− 7·86	+13·88	−50·99	+0·0013
Oct. 7	+0·36	−47·33	− 8·95	+13·81	−50·86	+0·0023
„ 27	+0·36	−47·37	− 9·92	+13·73	−50·69	+0·0031
Nov. 16	+0·36	−47·41	−10·74	+13·66	−50·48	+0·0038
Dec. 6	+0·36	−47·43	−11·41	+13·58	−50·24	+0·0043
„ 26	+0·36	−47·45	−11·89	+13·51	−49·97	+0·0047
1875 Jän. 15	+0·36	−47·46	−12·18	+13·42	−49·69	+0·0049

Die Opposition im Jahre 1874 ereignet sich am 21. Februar; ich habe daher die Störungen am 19. Februar auf die Elemente übertragen und aus diesen die folgenden Ephemeriden abgeleitet:

Angewandte Elemente.

Epoche und Osculation 1874. Febr. 19·0 mittl. Berl. Zeit.

mittl. Äquinoct. 1870·0.

$$L = 146°28'27''6$$
$$M = 20\ 45\ 50·3$$
$$\pi = 125\ 42\ 37·3$$
$$\Omega = 310\ 59\ 33·4$$
$$i = 1\ 19\ 25·3$$
$$\varphi = 7\ 16\ 19·1$$
$$\mu = 807''7718$$
$$\log a = 0·428479$$

$$x = [0·426106] \sin (E + 215°56'15''3) + 0·198169$$
$$y = [0·386956] \sin (E + 125\ 2\ 54·7) - 0·252596$$
$$z = [0·042279] \sin (E + 127\ 42\ 10·0) - 0·110389$$

(64) Angelina 1874.

0^h Berl. Zeit		α	δ	log Δ	log r
Jän.	0	10^{h}42^{m}9	+ 7°54'	0·228	0·371
„	20	10 42·1	+ 7 44	0·178	0·372
Febr.	9	10 30·4	+ 8 37	0·146	0·374
März	1	10 12·9	+10 4	0·144	0·376
„	21	9 59·2	+11 11	0·174	0·379
April	10	9 55·5	+11 26	0·224	0·382
„	30	10 2·7	+10 49	0·279	0·385
Mai	20	10 18·4	+ 9 23	0·335	0·389
Juni	9	10 40·1	+ 7 17	0·385	0·393
„	29	11 5·7	+ 4 42	0·429	0·397
Juli	19	11 33·9	+ 1 44	0·466	0·401
Aug.	8	12 3·8	− 1 29	0·497	0·405
Aug.	28	12 35·0	− 4 50	0·522	0·409
Sept.	17	13 7·3	− 8 12	0·541	0·414
Oct.	7	13 40·5	−11 28	0·554	0·418
„	27	14 14·4	−14 31	0·561	0·423
Nov.	16	14 48·8	−17 16	0·562	0·427
Dec.	6	15 23·5	−19 37	0·556	0·431
„	26	15 57·6	−21 31	0·544	0·436
„	46	16 30·5	−22 56	0·525	0·440

(64) Angelina 1874.

Oppositionsephemeride.

12ʰ Berl. Zeit		α	δ	log Δ	Abrrzt.
1874 Febr.	3	10ʰ 34ᵐ 31ˢ·36	+ 8° 17′ 22″·1	0·152231	11ʰ 47ᵐ
	4	10 38 48·82	+ 8 20 45·0	0·150934	11 45
	5	10 33 5·09	+ 8 24 14·6	0·149708	11 43
	6	10 32 20·23	+ 8 27 50·7	0·148555	11 41
	7	10 31 34·30	+ 8 31 32·9	0·147476	11 39
	8	10 30 47·36	+ 8 35 20·8	0·146474	11 38
	9	10 29 59·48	+ 8 39 14·3	0·145550	11 36
	10	10 29 10·71	+ 8 43 12·8	0·144703	11 35
	11	10 28 21·13	+ 8 47 15·6	0·143936	11 33
	12	10 27 30·80	+ 8 51 23·4	0·143251	11 32
	13	10 26 39·80	+ 8 55 34·7	0·142648	11 31
	14	10 25 48·19	+ 8 59 49·5	0·142128	11 31
	15	10 24 56·06	+ 9 4 7·4	0·141691	11 30
	16	10 24 3·47	+ 9 8 27·9	0·141340	11 29
	17	10 23 10·51	+ 9 12 50·5	0·141075	11 29
	18	10 22 17·26	+ 9 17 14·8	0·140895	11 29
	19	10 21 23·79	+ 9 21 40·3	0·140800	11 28
	20	10 20 30·20	+ 9 26 6·5	0·140791	11 28
	21	10 19 36·56	+ 9 30 33·1	0·140867	11 29
☌	22	10 18 42·95	+ 9 34 59·5	0·141029	11 29
	23	10 17 49·46	+ 9 39 25·4	0·141276	11 29
	24	10 16 56·17	+ 9 43 50·2	0·141609	11 30
	25	10 16 3·14	+ 9 48 13·5	0·142027	11 30
	26	10 15 10·45	+ 9 52 35·0	0·142529	11 31
	27	10 14 18·18	+ 9 56 54·4	0·143113	11 32
	28	10 13 26·38	+10 1 11·2	0·143780	11 33
März	1	10 12 35·14	+10 5 25·1	0·144528	11 34
	2	10 11 44·51	+10 9 35·7	0·145357	11 36
	3	10 10 54·59	+10 13 42·6	0·146265	11 37
	4	10 10 5·42	+10 17 45·5	0·147252	11 39
	5	10 9 17·07	+10 21 44·2	0·148316	11 41
	6	10 8 29·60	+10 25 38·2	0·149456	11 42
	7	10 7 43·06	+10 29 27·3	0·150672	11 44
	8	10 6 57·52	+10 33 11·1	0·151961	11 46
	9	10 6 13·03	+10 36 49·4	0·153323	11 49
	10	10 5 29·62	+10 40 22·0	0·154756	11 51
	11	10 4 47·37	+10 43 48·7	0·156259	11 53

(64) ☌ ☉ Febr. 21; 13ʰ.

Lichtstärke = 1·89.

Grösse = 9·9.

V. (113) Amalthea.

Amalthea kommt im Jahre 1874 nicht in Opposition mit der Sonne; es genügen deshalb beiläufige Ortsangaben für diesen Planeten; ausserdem fällt die Opposition im Jahre 1873 so spät, dass kaum rechtzeitig für das Jahrbuch 1876 verbesserte Elemente geschafft werden könnten. Ich habe deshalb für die folgende Jahresephemeride die im „Nachweis für das Berliner Jahrbuch 1875" an zwei Oppositionen angeschlossenen Elemente beibehalten, die Störungen aber 1874 Jänner 0·0 auf die Elemente übertragen. Die Störungen waren nach Encke's Methode ermittelt und ich fand zu dieser Übertragung zunächst die folgenden ekliptikalen Coordinaten und Geschwindigkeiten, die sich auf das mittlere Äquinoctium 1870·0 beziehen und in denen ich die Störungen von den ungestörten Werthen getrennt angesetzt habe.

$$\begin{aligned} x &= +0{\cdot}204193 \quad +0{\cdot}005842 \\ y &= -2{\cdot}432978 \quad +0{\cdot}000713 \\ z &= -0{\cdot}132174 \quad -0{\cdot}000454 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx : dt &= -0{\cdot}010811975 \quad +0{\cdot}000005876 \\ dy : dt &= +0{\cdot}000054501 \quad +0{\cdot}000020037 \\ dz : dt &= +0{\cdot}000796097 \quad -0{\cdot}000001324 \end{aligned}$$

Darnach finden sich die Elemente:

(113) Amalthea.

Osculation und Epoche 1874, Jänner 0·0 m. Berl. Zeit.
mittl. Äq. 1870·0.

$$\begin{aligned} L &= 94^\circ 22' 35''5 \\ M &= 255\ 11\ 42{\cdot}8 \\ \pi &= 199\ 10\ 52{\cdot}7 \\ \Omega &= 123\ 4\ 38{\cdot}7 \\ i &= 5\ 2\ 19{\cdot}4 \\ \varphi &= 5\ 2\ 9{\cdot}0 \\ \mu &= 968''4740 \\ \log a &= 0{\cdot}375946 \end{aligned}$$

Vergleicht man diese Werthe mit den für 1871 April 6·0 osculirenden Elementen, so finden sich die Störungen der Elemente selbst.

$$\Delta M = +8'34''1$$
$$\Delta \pi = -4\ 28\cdot2$$
$$\Delta \Omega = +1\ 10\cdot9$$
$$\Delta i = -\ 9\cdot6$$
$$\Delta \varphi = +6\ 30\cdot6$$
$$\Delta \mu = +0''0838$$

Aus diesen Elementen nun habe ich, ohne weiter auf Störungen Rücksicht zu nehmen, die folgende Jahresephemeride abgeleitet; einschaltend erwähne ich noch, dass der letzte Ort in der Jahresephemeride für 1873 durch Druck- und Schreibfehler wesentlich entstellt ist.

113 Amalthea.

Jahresephemeride.

0^h Berl. Zeit		A. R.	Decl.	log Δ	log r
1873 Jän.	0	4^h59^m6	$+17°41'$	0·182	0·388
„	20	4 47·7	+18 20	0·219	0·385
Febr.	9	4 48·5	+19 21	0·268	0·382
März	1	5 1·1	+20 32	0·319	0·378
„	21	5 23·0	+21 39	0·365	0·375
April	10	5 51·9	+22 29	0·405	0·371
„	30	6 25·5	+22 51	0·438	0·368
Mai	20	7 2·4	+22 38	0·464	0·364
Juni	9	7 41·3	+21 45	0·484	0·360
„	29	8 21·3	+20 11	0·498	0·357
Juli	29	9 1·6	+18 0	0·507	0·353
Aug.	8	9 41·7	+15 13	0·511	0·350
„	28	10 21·5	+12 2	0·510	0·347
Sept.	17	11 0·7	+ 8 30	0·503	0·345
Oct.	7	11 39·5	+ 4 47	0·492	0·342
„	27	12 17·9	+ 1 2	0·475	0·340
Nov.	16	12 55·8	− 2 35	0·453	0·339
Dec.	6	13 33·1	− 5 54	0·425	0·338
„	26	14 9·4	− 8 44	0·391	0·336

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

3.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

VII. SITZUNG VOM 6. MÄRZ 1873.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über den Syngenit“, vom Herrn Oberbergrath und Professor Dr. V. Ritter v. Zepharovich in Prag.

„Beiträge zur Kenntniss des Wachsthums der Pflanzen“, vom Herrn Franz Krašan, Gymnasial-Professor in Krainburg, eingesendet durch Herrn Vice-Director K. Fritsch in Salzburg.

„Über rationale ebene Curven vierter Ordnung, deren Doppelpunktstangenten Inflexionstangenten sind“, vom Herrn Prof. Dr. Emil Weyr in Prag.

Herr J. Richard Harkup, Realitätenbesitzer in Hütteldorf, hinterlegt ein versiegeltes Schreiben zur Wahrung seiner Priorität.

Herr Hofrath Dr. E. Ritter v. Brücke überreicht eine Abhandlung des Herrn Dr. Alex. Kusnezoff aus Charkow: „Über blutkörperchenhaltige Zellen der Milz“.

Herr Prof. Dr. Jos. Boehm legt eine Abhandlung: „Über die Respiration von Landpflanzen“ vor.

Herr Prof. R. Niemtschik übergibt eine Abhandlung: „Über die Construction der einander eingeschriebenen Linien zweiter Ordnung.“

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academy of Natural Sciences of Philadelphia: Proceedings. Parts I—III. January—December 1871. Philadelphia; 8°. — American Journal of Conchology. Vol. 6, Part 4 (1870—1871); Vol. 7, Parts 1—4 (1871—72). Philadelphia, New York, London, Berlin; 8°.

— The American, of Arts and Sciences: Proceedings. Vol. VIII. Sign. 38—51. 8°.

Akademie, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. November 1872. Berlin, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 5—7. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1921—1924. (Bd. 81, 1—4.) Altona, 1873; 4°.

Barrande, Joachim, Systême silurien du centre de la Bohême. Ire Partie. Supplément au Vol. I. Prague & Paris, 1872; 4°.

Boston Society of Natural History: Memoirs. Vol. II, Part I, Nrs. 2—3; Vol. II, Part II, Nr. 1. Boston, 1871—1872; 4°. — Proceedings. Vol. XIII, Sign. 24—28; Vol. XIV, Sign. 1—14. Boston 1869—1871; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 5—6. Paris, 1873; 4°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 4. Wien, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 7—9. Wien, 1873; 4°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 4. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 3—4. Wien; 8°.

Lotos. XXII. Jahrgang. December 1872. Prag; 8°.

Mittheilungen des k. k. technischen und administrat. Militär-Comité. Jahrgang 1873, 1. Heft. Wien; 8°.

— aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 19. Band, 1873, Heft II. Gotha; 4°.

Nachrichten über Industrie, Handel und Verkehr aus dem statistischen Departement im k. k. Handels-Ministerium. I. Band, 1. & 2. Heft. Wien, 1873; 4°.

Nature. Nrs. 172—174, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI, Nr. 12. Torino, 1871; 4°.

Owen, On the Carpal copulatory Spines (or supposed Horn) of the Iguanodon. (From the Palaeontographical Society's Vol. XXV.) London, 1872; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 2—3. Wien; 4°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. von Ph. Carl. VIII. Band, 6. Heft. München, 1872; 8°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIe Année, 2e Série, Nrs. 33—35. Paris, 1873; 4°.

Santiago de Chile, Universidad: Anales de 1840. Santiago de Chile; 8°. — Memorias de los Ministros del Interior, Relaciones Esteriores, Justicia, Hacienda, Guerra i Marina de 1870. 8°. — Sesiones de la Cámera de Senadores de 1870. Nr. I—II. 4°. — Sesiones de la Cámera de Diputados de 1870. Nr. I—II. 4°.

Societät, physicalisch-medicinische, zu Erlangen: Sitzungsberichte. 4. Heft. November 1871 bis August 1872. Erlangen 1872; 8°.

Society, The Royal, of London: Philosophical Transactions. For the Year 1871. Vol. 161, Part II; For the Year 1872. Vol. 162, Part I. London 1872; 4°. — Proceedings. Vol. XX, Nrs. 130—138. London, 1871—72; 8°. — Catalogue of Scientific Papers (1800—1863). Vol. VI. London, 1872; 4° — The Royal Society. 30th November 1871. 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 7—9 Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins XXV. Jahrgang, 2. Heft. Wien, 1873; 4°.

Über razionale ebene Curven vierter Ordnung, deren Doppelpunktstangenten Inflexionstangenten sind.

Von Prof. Dr. **Emil Weyr** in Prag.

Unter den razionalen ebenen Curven vierter Ordnung, d. i. unter den ebenen Curven vierter Ordnung, welche drei Doppelpunkte besitzen, sind die oben angeführten von besonderem Interesse. Im Folgenden soll eine Eigenschaft dieser Curven bewiesen werden, welche auf eine besondere Species dieser Curvenclasse, nämlich auf die Lemniscate angewendet, zu einem bemerkenswerthen, die letztgenannte Curve betreffenden Theoreme führt.

Wenn man die Doppelpunkte D_1, D_2, D_3 einer razionalen ebenen Curve vierter Ordnung, deren Doppelpunktstangenten Inflexionstangenten sind, zu Fundamentalpunkten eines homogenen Coordinatensystemes wählt, so lautet die Gleichung der Curve

$$a_1^2 x_2^2 x_3^2 + a_2^2 x_3^2 x_1^2 + a_3^2 x_1^2 x_2^2 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Erstens erkennt man, dass diese Gleichung einer Curve vierter Ordnung angehört, und dann, dass jeder Fundamentalpunkt ein Doppelpunkt ist, denn für $x_3 = 0$ z. B., erhält man $x_1^2 x_2^2 = 0$ u. s. w. zum Zeichen, dass D_1 und D_2 Doppelpunkte der Curve sind.

Legt man durch den Fundamentalpunkt D_1 irgend eine Gerade $x_3 = \lambda x_2$, so wird diese die Curve in zwei von D_1 verschiedenen Punkten treffen, deren Coordinaten sich aus der Curven- und der Geradengleichung ergeben. Man erhält so für das Verhältniss $\frac{x_2}{x_1}$ die biquadratische Gleichung

$$\left(\frac{x_2}{x_1}\right)^2 \left[\lambda^2 a_1^2 \left(\frac{x_2}{x_1}\right)^2 + \lambda^2 a_2^2 + a_3^2\right] = 0.$$

Der erste Faktor $\left(\frac{x_2}{x_1}\right)^2 = 0$ zeigt neuerdings, dass D_1 ein Doppelpunkt der Curve ist. Die beiden anderen Schnitte reduziren den zweiten Faktor auf Null, woraus folgt:

$$\frac{x_2}{x_1} = \pm\sqrt{-\frac{a_3^2+\lambda^2 a_2^2}{\lambda^2 a_1^2}} \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

Dieses Verhältniss erhält zwei gleiche Werthe, wenn

$$a_3^2+\lambda^2 a_2^2 = 0 \text{ oder } \lambda = \pm\frac{a_3}{a_2}\sqrt{-1},$$

und da hiefür $\frac{x_2}{x_1} = 0$ wird, so schliessen wir, dass es zwei durch den Fundamentalpunkt D_1 gehende Gerade gibt, welche die Curve in zwei mit dem doppelt zu zählenden Fundamentalpunkt zusammenfallenden Punkten schneiden. Es sind dies offenbar die Tangenten des Fundamentalpunktes, welche nach Bewiesenem zugleich Inflexionstangenten sind; ihre Gleichungen lauten

$$x_3 = \pm\frac{a_3}{a_2}x_2\sqrt{-1}, \text{ oder } a_2^2x_3^2+a_3^2x_2^2 = 0.$$

Ebenso sind die Gleichungen der Tangenten von

$D_2 : a_3^2x_1^2+a_1^2x_3^2 = 0$; und jener von $D_3 : a_1^2x_2^2+a_2^2x_1^2 = 0$.

Wie aus den Gleichungen der Doppelpunktstangenten sofort hervorgeht, theilen sie den Winkel harmonisch, dessen Scheitel der betreffende Doppelpunkt ist, und dessen Schenkel durch die beiden anderen Doppelpunkte hindurchgehen.

Jede durch den Doppelpunkt D_1 gehende Gerade schneidet die Curve in zwei Punkten, für welche das Verhältniss $\frac{x_2}{x_1}$ (und ebenso $\frac{x_3}{x_1}$) zwei gleiche entgegengesetzt bezeichnete Werthe erhält (2). Hieraus schliessen wir, dass diese beiden Schnittpunkte harmonisch getrennt sind vom Doppelpunkte D_1 und der Verbindungslinie der beiden anderen Doppelpunkte D_2, D_3. Da dasselbe für die beiden Doppelpunkte D_2, D_3 gilt, so haben wir den Satz:

„Jede durch einen Doppelpunkt D gehende Gerade schneidet die Curve in zwei Punkten A, B, und die Verbindungslinie der beiden anderen Doppelpunkte in einem Punkte D' so, dass $(DD'AB) = -1$, d. h., dass die Punkte D, D', A, B vier harmonische Punkte sind."

Eine unmittelbare Folge hievon ist:

„Wenn A, B und A' B' zwei Paar Schnittpunkte der Curve mit irgend zwei durch den Doppelpunkt D hindurchgehenden Geraden sind, so liegt sowohl der Schnittpunkt von AA' und BB', als auch jener von AB' und $A'B$ auf der Verbindungslinie der beiden anderen Doppelpunkte."

Die beiden erwähnten Schnittpunkte sind nämlich die Projectionscentra der zwei Paare perspektivischer Punktreihen, welche von den zwei auf AB und $A'B'$ befindlichen harmonischen Punktquadrupeln gebildet werden.

Wenn man AB und $A'B'$ zwei unendlich nahe Gerade sein lässt, so werden AA' und BB' Tangenten unserer Curve in A und B sein, und wir haben den folgenden Satz:

„Die durch einen Doppelpunkt gehenden Strahlen schneiden die Curve in Paaren von Punkten, deren Tangenten sich auf der Verbindungslinie der beiden anderen Doppelpunkte schneiden."

Hieraus folgt umgekehrt, „dass man aus den Punkten der Verbindungslinie zweier Doppelpunkte an die Curve Tangentenpaare legen kann, welche die Curve in solchen Punktepaaren berühren, deren Verbindungslinien durch den dritten Doppelpunkt hindurch gehen."

Diese Verhältnisse verdienen eine nähere Untersuchung. — Wenn man auf der Verbindungslinie zweier Doppelpunkte einen beliebigen Punkt p annimmt, so lassen sich durch ihn, da die Curve von der sechsten Classe ist, sechs Tangenten an dieselbe legen, die sechs Berührungspunkte liegen nach Obigem zu zweien in Geraden, welche durch den dritten Doppelpunkt hindurchgehen. Solcher Geraden erhält man somit drei: P_1, P_2, P_3. In dieser Art entsprechen jedem Punkte p der Verbindungslinie zweier Doppelpunkte drei durch den dritten Doppelpunkt gehende

Gerade P_1, P_2, P_3, während umgekehrt jede solche Gerade den Punkt p, somit die beiden anderen Geraden vollkommen und unzweideutig bestimmt. Denn wäre z. B. P_1 gegeben, so schneiden sich die Curventangenten in den beiden Schnittpunkten von P_1 und der Curve im Punkte p, durch welchen an dieselbe vier weitere Tangenten gelegt werden können, deren Berührungspunkte die Geraden P_2, P_3 liefern. Hieraus schliessen wir jedoch sofort, dass die Strahlentripel $P_1P_2P_3$ eine cubische Strahlen-Involution bilden, deren Scheitel der betreffende Doppelpunkt der Curve ist.

Diese Strahlen-Involution besitzt zwei dreifache Strahlen, wovon man sich leicht in folgender Weise überzeugen kann.

Unter den unendlich vielen Lagen, die der Punkt p auf der Verbindungslinie zweier Doppelpunkte unserer Curve annehmen kann, befinden sich auch diese beiden Doppelpunkte. Ist jedoch p einer von denselben, so stellen seine beiden Tangenten (als Inflexionstangenten) die sechs durch p gehenden Tangenten der Curve dar, so dass die sechs Berührungspunkte mit p zusammenfallen und das Strahlentripel P_1, P_2, P_3 mit der, durch p und den dritten Doppelpunkt gehenden Seite des Fundamentaldreieckes zusammentällt. Dasselbe gilt von dem zweiten Doppelpunkte.

Wir haben demnach den folgenden bemerkenswerthen Satz:

„Die Berührungspunkte der Tangenten, welche man aus den Punkten der Verbindungslinie zweier Doppelpunkte der Curve an dieselbe legen kann, liegen dreimal zu zweien in drei, durch den dritten Doppelpunkt gehenden Strahlen. Diese Strahlentripel bilden eine cubische Involution, für welche die, den dritten Doppelpunkt mit den beiden ersten verbindenden Geraden dreifache Strahlen sind.“

Wie ich a. O. gezeigt habe, gehören die Strahlen P_1, P_2, P_3 drei projectivischen Elementensystemen an, deren gemeinschaftliche Doppelelemente die dreifachen Elemente der cubischen Involution sind. (Siehe Rendiconti del Reale Istituto Lombardo, marzo, aprile 1871. „Sopra una certa curva gobba di quart' ordine“ und „Intorno all' involuzione cubica nella quale hanno

luogo proprietà anarmoniche.“) Eine interessante Anwendung gestattet der obige Satz in Bezug auf die Lemniscate, welche in der That eine Curve vierter Ordnung mit drei Doppelpunkten ist, deren Tangenten zugleich Inflexionstangenten sind. Einer der drei Doppelpunkte ist ein reeller Punkt 0, während die beiden übrigen die imaginären Kreispunkte $+i, -i$ im Unendlichen sind. Die unendlich weite Gerade verbindet zwei Doppelpunkte der Lemniscate, so dass die aus ihren Punkten an die Curve gelegten Tangenten untereinander parallel sind. Der erste Theil des obigen Satzes auf die Lemniscate angewendet, sagt nichts Neues, denn es ist bekannt, dass die Berührungspunkte paralleler Tangenten der Lemniscate zu zweien auf durch 0 gehenden Geraden liegen.

Anders ist es mit dem zweiten Theile des allgemeinen Theoremes, welcher besagt, dass die Tripel P_1, P_2, P_3 eine cubische Strahleninvolution bilden, welche zwei dreifache Strahlen besitzt. Für die Lemniscate verhält sich die Sache folgendermassen: Man kann an die Lemniscate sechs Tangenten von gegebener Richtung legen (von denen mindestens zwei reell und mindestens zwei imaginär sind); die Berührungspunkte dieser sechs Tangenten liegen dreimal zu zweien in drei durch 0 gehenden Strahlen P_1, P_2, P_3. Diese Strahlen gehören, ein Tripel bildend, einer cubischen Involution mit zwei dreifachen Strahlen an; die beiden dreifachen Strahlen verbinden den Doppelpunkt 0 mit den übrigen beiden Doppelpunkteu, d. i. mit den beiden imaginären Kreispunkten im Unendlichen.

Von einer cubischen Involution, deren dreifache Strahlen durch die imaginären Kreispunkte hindurchgehen, habe ich gezeigt, dass ihre Strahlentripel den vollen Winkel am Scheitel in 60grädige Winkel theilen. (Siehe Battaglini's Giornale di matematica, ecc. 1872. „Intorno alle involuzioni di grado qualunque.“)

Aus dem eben Gesagten folgt nun für die Lemniscate der nachstehende bemerkenswerthe Satz:

„Die sechs Berührungspunkte der mit irgend einer Geraden parallelen Lemniscatentangenten (von denen wenigstens zwei reell und wenigstens zwei imaginär sind) liegen dreimal zu zweien in drei durch den

Doppelpunkt 0 gehenden (immer reellen) Geraden P_1, P_2, P_3, welche mit einander Winkel von 60° bilden."

Einen ähnlichen, metrische Eigenschaften der Cardioide behandelnden Satz habe ich in dem Aufsatze: „Sopra una proprietà metrica della Cardioide" (Rend. C. del R. Ist. Lombardo, febbrajo 1872) nachgewiesen. Der oben bewiesene Satz lässt sich auch unmittelbar aus den bekannten Winkelrelationen an der Lemniscate erhärten, was wir dem geneigten Leser überlassen wollen.

VIII. SITZUNG VOM 13. MÄRZ 1873.

Die Direction des k. k. Staatsobergymnasiums zu Landskron dankt, mit Zuschrift vom 7. März, für die Betheilung dieser Lehranstalt mit dem „Anzeiger" der Classe.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia, R., de' Fisiocritici: Revista scientifica. Anno IV, fasc. VI. Siena-Roma, 1872; 8°.

d'Ancona, Cesare, Malacologia pliocenica Italiana. Fasc. II. Firenze, 1872; 4°.

Annuario marittimo per l'anno 1873. XXIII. Annata. Trieste, 1873; 8°.

Association, The American Pharmaceutical: Proceedings, 20th Annual Meeting. Philadelphia, 1873; 8°.

Asten, Hugo von, Über die in südöstlicher Umgegend von Eisenach auftretenden Felsitgesteine etc. Heidelberg, 1873; 8°.

Ateneo Veneto: Atti. Serie II. Vol. VII. Anno accademico 1869—70. Punt. II. Venezia, 1872; 8°.

Bazerque, La caravane universelle, voyages autour du monde en vue de l'exploration scientifique de toutes les parties accessibles de l'univers. Paris; 8°.

Beobachtungen, Schweizer. Meteorologische. December 1871, Jänner & Februar 1872. Zürich; 4°.

Bureau de la Recherche Géologique de la Suède: Carte Géologique de la Suède. 42e—45e livraisons. Folio (Text in 8°). — Coupe géognostique de la chaîne de la Scandinavie, par A. E. Törnebohm. Stockholm, 1872; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 7—8. Paris, 1873; 4°.

Cosmos. Communicazioni sui progressi più recenti e notevoli della geografia e scienze affini di Guido Cora. I. Torino, 1873; 4°,

De la Rive, Auguste, et Édouard Sarasin, Sur la rotation sous l'influence magnétique de la décharge électrique dans les gaz raréfiés etc.; 8°.

Ferdinandeum für Tirol und Vorarlberg: Zeitschrift. Dritte Folge. XVII. Heft. Innsbruck, 1872; 8°.

Genocchi, Angelo, Intorno ad una lettera del Sign. Conte L. F. Manabrea. Roma, 1873; 4°.

Gesellschaft, Deutsche geologische: Zeitschrift. XXIV. Band, 3. Heft. Berlin, 1872; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 5. Wien, 1872; 4°.

— Königl. bayer. botanische, in Regensburg: Flora. N. R. 30. Jahrgang oder der ganzen Reihe 55. Jahrgang. 1872. Regensburg; 8°. — Repertorium der periodischen botanischen Literatur vom Beginn des Jahres 1864 an. VIII. Jahrgang. 1871. Regensburg, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 10. Wien, 1873; 4°.

Grad, Charlès, Considérations sur la géologie et le régime des eaux du Sahara Algérien. Paris, 1873; 8°.

Grassmann, Robert, Die Erdgeschichte oder Geologie. Stettin, 1873; 8°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Memorie. Vol. XVII, Parte II. Venezia, 1873; 4°. — Atti. Tomo II°. Serie IV°, Disp. 2°. Venezia, 1872—73; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXVIII, Heft 5 & 6. Speyer, 1872; 8°.

Kornhuber, A., Über einen neuen fossilen Saurier aus Lesina. (Abhdlgn. der k. k. geolog. Reichsanstalt. Bd. V, Heft 4.) Wien, 1873; 4°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 5. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 5. Wien; 8°.

Lea, Isaac, Rectification of T. A. Conrad's „Synopsis of the Family of Naïades of North America." Philadelphia, 1872; 8°.

Listing, Joh. Benedict, Über unsere jetzige Kenntniss der Gestalt und Grösse der Erde. Göttingen, 1872; 12°.

Moniteur Scientifique du Dr. Quesneville. 3e Série. Tome III, 375e Livraison. Paris, 1873; 4°.

Museum of Comparative Zoology at Harvard College: Bulletin. Vol. III, Nrs. 5 & 6. Cambridge, 1872; 8°. — Illustrated Catalogue. Nr. VII. Cambridge, 1872; 4°.

Nature. Nr. 175, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Pessina, Luigi Gabriele, Ai Signori Astronomi e Fisico-Matematici. Messina, 1873; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIe Année, 2e Série, Nr. 36. Paris, 1873; 4°.

Società Italiana di Antropologia e di Etnologia: Archivio. IIe Vol., fasc. 4°. Firenze, 1872; 8°.

Société Mathématique de France: Bulletin. Tome Ier, Nr. 1. Paris, 1873; 8°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XIXe. 1872. Comptes rendus 2. Paris; 8°.

Vimercati, Guido, Intorno alla prima idea delle caldaie tubolari. Firenze, 1873; 8°.

Woldřich, J., Eine Opferstätte der Urzeit bei Pulkau in Niederösterreich. Wien, 1873; 8°.

Wolf, Rudolf, Astronomische Mittheilungen. XXXI. 8°.

Über die Construction der einander eingeschriebenen Linien zweiter Ordnung.

Von Prof. **R. Niemtschik.**

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 6. März 1873.)

1. Die Aufgaben, dargestellten Kegelschnitten andere durch einzelne Punkte oder Tangenten fixirte Kegelschnitte einzuschreiben, lassen sich einfach lösen, wenn man die vorhandene Linie λ im Allgemeinen als Hauptschnitt, unter Umständen als Meridian einer Fläche zweiter Ordnung F und die fragliche Linie l als Projection einer Linie L der Fläche F betrachtet.

Unter diesem Gesichtspunkte können auch alle jene Aufgaben einfach gelöst werden, bei denen es sich um die Zeichnung von Kegelschnitten handelt, welche entweder zwei sich schneidende oder zwei parallele Gerade berühren. Man hat nämlich die beiden Geraden wieder als den Durchschnitt der Zeichnungsfläche mit einer Kegel- oder Cylinderfläche F und die einzuschreibende Linie l als Projection einer Linie L von F zu betrachten

Weil in den genannten Fällen L eine ebene Linie ist, indem sie einen Durchschnitt zweier sich in zwei Punkten x, y berührenden Flächen zweiter Ordnung, nämlich des projicirenden Cylinders Ll und der Fläche F vorstellt, so ergeben sich die Berührungspunkte x, y der beiden Linien λ, l als Durchschnitte der Bildtrace xy der Ebene von L mit der Linie λ.

Ergibt sich bei offenen Linien nur ein solcher Durchschnittspunkt, dann ist l eine Parabel.

Wenn die Linie λ von der Trace xy in einem Punkte z berührt wird, so berühren sich auch die Linien λ, l und zwar nur in dem Punkte z.

Wenn aber die Linie λ von der Trace xy weder geschnitten noch berührt wird, so können auch die Linien λ, l sich nicht berühren.

Der Berührungspunkt z einer zur Bestimmung der Linie l gegebenen Tangente t lässt sich ebenfalls einfach finden, wenn berücksichtigt wird, dass t die Projection einer Tangente T der Fläche F ist, dass T im Durchschnitte der Ebene der Linie L und der projicirenden Ebene tT liegt und dass T also zugleich Tangente an die Durchschnittslinie C der Fläche F und der Ebene tT ist. Demnach ergibt sich z als Projection des Berührungspunktes Z der Tangente T mit der Linie C, welch letztere jedoch für den ebengenannten Zweck, unter Voraussetzung einer entsprechenden Form der Fläche F stets als Kreis angenommen werden kann.

Die in Rede stehenden Constructionen haben nicht blos einen theoretischen Werth, sondern finden auch verschiedene Anwendungen, unter anderen bei der Darstellung der Selbstschattengrenzen an Flächen zweiter Ordnung und bieten gegenüber den bekannten Methoden, namentlich in axonometrischen, schiefen und perspectivischen Projectionen mehrere Vortheile, weil bei deren Durchführung die Projectionsart, nach welcher jene Flächen dargestellt worden sind, nicht in Frage kommt.

Die bezüglichen Constructionen für eingeschriebene Kreise gelten selbstverständlich auch für die Bestimmung der durch Axenpunkte gehenden Normalen der Kegelschnitte.

a) Wenn die Linien λ, l einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt m haben, so geht die Bildtrace xy der Ebene von L ebenfalls durch den Punkt m und es bildet die Strecke xy einen gemeinsamen Diameter der Linien λ, l. Dann kann die Linie l auf folgende Weise bestimmt sein:

1. Durch zwei Punkte;
2. durch einen Punkt und eine Tangente;
3. durch eine Tangente und deren Berührungspunkt;
4. durch zwei sich schneidende Tangenten;
5. durch die Berührungspunkte x, y mit λ und einen Punkt;
6. durch die Punkte x, y und eine Tangente.

b) Wenn die Kegelschnitte λ, l verschiedene Mittelpunkte haben, können für l folgende Bestimmungen stattfinden:

1. Mittelpunkt und ein Peripheriepunkt;
2. Mittelpunkt und eine Tangente;
3. drei Punkte;
4. zwei Punkte und eine Tangente;
5. ein Punkt und eine Tangente sammt ihrem Berührungspunkte;
6. ein Punkt und zwei Tangenten;
7. zwei sich schneidende Tangenten und der Berührungspunkt einer derselben;
8. drei Tangenten;
9. die Berührungspunkte beider Linien λ, l und ein Punkt von l;
10. die Berührungspunkte beider Linien und eine Tangente von l.

c) Für einzuschreibende Kreise können gegeben sein:

1. Der Mittelpunkt (in einer Axe von λ);
2. ein Peripheriepunkt;
3. eine Tangente;
4. der Halbmesser.

d) Die unter *a*, *b*, *c* angeführten Aufgaben reduciren sich nach unserer Auffassung auf die Darstellung einer Projection des Schnittes einer Fläche zweiter Ordnung mit einer Ebene, deren Lage auf folgende Arten bestimmt sein kann:

1. Durch drei Punkte der Fläche F;
2. durch zwei Punkte, eine ebene Curve C der Fläche F berührend;
3. durch einen Punkt, zwei Curven C, C_1 von F berührend;
4. drei Curven C, C_1, C_2 von F berührend;
5. durch einen Punkt, parallel zu einer Ebene;
6. durch eine Gerade, parallel zu einer zweiten Geraden.

Bei der Auflösung dieser Aufgaben kommt jedoch entweder die Form jener Curven nicht in Betracht, oder es werden dieselben als Kreise angenommen und demgemäss die Form der Fläche F modificirt.

Jedem Punkte der Linie l entsprechen auf der Fläche F zwei gegen die Zeichnungsfläche symmetrisch gelegene Punkte.

Jeder sammt dem Berührungspunkte gegebenen Tangente der Linie l entsprechen zwei gegen die Zeichnungsfläche symmetrisch gelegene Tangenten der Fläche F.

Einer jeden ohne Berührungspunkt gegebenen Tangente der Linie l können je nach Umständen ein bis vier Paar gegen die Bildfläche symmetrischer Tangenten der Fläche entsprechen.

Demnach haben auch die Ebenen der Linien L, L_1.. paarweise eine symmetrische Lage gegen die Zeichnungsfläche.

Weil aber beide Schnitte L und L_1 eines solchen Ebenen-Paares und der Fläche F nur eine und dieselbe Projection l liefern, so handelt es sich bei der Construction der eingeschriebenen Linien von jedem Paare nur um den Durchschnitt einer Ebene mit der Fläche F.

Daraus folgt auch, dass eben soviele, die Linie λ berührende Kegelschnitte möglich sind, als unter den betreffenden Bedingungen die Linie λ schneidende Ebenen gelegt werden können.

In der Folge werden mit grossen Buchstaben im Raume befindliche Punkte, und mit kleinen, aber gleichlautenden Buchstaben die Projectionen solcher Punkte, oder in der Bildfläche liegende Punkte bezeichnet. Buchstaben, über welchen ein horizontaler Strich angebracht ist, dienen zur Bezeichnung der hinter der Bildfläche gelegenen Punkte.

Die bezüglichen Aufgaben werden in drei Abtheilungen behandelt:

I. dem Kreise eingeschriebene Ellipsen;
II. den Kegelschnitten eingeschriebene Kreise; und
III. einander eingeschriebene Kegelschnitte im Allgemeinen.

I. Dem Kreise eingeschriebene Ellipsen.

Wir betrachten den gegebenen Kreis mpq als Meridian oder als Äquator einer Kugel und die einzuschreibende Ellipse l als Projection eines Kreises k dieser Kugel. Die Berührungspunkte x, y der beiden Linien finden wir also als Durchschnitte des erstgenannten Kreises mit der Trace xy der Ebene des Kreises k.

A) Der Kreis mpq und die ihm eingeschriebene Ellipse haben denselben Mittelpunkt m. Die Ebene des Kreises k geht sonach durch den Punkt m.

2. Von der dem Kreise *mpq* Fig. 1 einzuschreibenden Ellipse sind zwei Punkte *a*, *b* gegeben.

Wir nehmen *a*, *b* als Projectionen von den Punkten *A*, $\bar{A}$, *B*, $\bar{B}$ der Kugel an.

Jede von den Ebenen *mAB*, $m\bar{A}\bar{B}$, $mA\bar{B}$ und $m\bar{A}B$ schneidet die Kugel nach einem Kreise, dessen Projection eine den Kreis *mpq* berührende Ellipse ist.

Je zwei von den Ellipsen decken sich, nämlich die Projectionen von den Kreisen *mAB* und $m\bar{A}\bar{B}$, sowie jene von $mA\bar{B}$ und $m\bar{A}B$.

Die gemeinschaftliche Trace der Ebenen *mAB* und $m\bar{A}\bar{B}$ geht durch das Centrum *m* und den Schnittpunkt *h* der Geraden *AB* mit der Bildfläche.

Um den Punkt *h* zu erhalten, wurde die Gerade *AB* um ihre Projection *ab* nach $\alpha\beta$ in die Bildfläche gelegt, wo sie *ab* in *h* schneidet. — $a\alpha \parallel b\beta \perp ab$.

Die Trace *mh* trifft den Kreis *mpq* in den Punkten *x*, *y*, in welchen derselbe von der Ellipse *mab* berührt wird, weshalb also *xy* die grosse Axe der Ellipse ist.

Die Trace der Ebenen $mA\bar{B}$ und $m\bar{A}B$ geht durch das Centrum *m* und den Schnittpunkt h_1 der Geraden $A\bar{B}$ und $\bar{A}B$ mit der Bildfläche.

Wird $A\bar{B}$ um *ab* in die Bildfläche nach $\alpha\bar{\beta}$ gelegt, so ergibt sich h_1 im Durchschnitte der Geraden $\alpha\bar{\beta}$ und *ab*. Die Trace mh_1 schneidet den Kreis *mpq* in den Punkten x_1, y_1, in welchen derselbe von der zweiten Ellipse *mab* berührt wird. Für diese Ellipse ist wieder x_1y_1 die grosse Axe.

Nun ist selbstverständlich, dass auf diese Weise auch die Axen einer Ellipse gefunden werden können, wenn von derselben der Mittelpunkt, zwei Peripheriepunkte und die Länge (aber nicht die Lage) der grossen Axe bekannt sind.

3. Dem Kreise *mpq* Fig. 2. sollen Ellipsen eingeschrieben werden, welche durch den Punkt *a* gehen und die Gerade *pq* berühren.

Die projicirende Ebene *pqB* schneidet die Kugel nach dem Kreise *pqB*.

Die Ebene des Kreises k geht durch die Punkte m, A und soll den Kreis pqB berühren; dies ist nur dann möglich, wenn der Durchschnittspunkt R der Geraden Am mit der Ebene pqB in die Peripherie des Kreises pqB oder ausserhalb derselben fällt. Im ersten Falle ist $mr = ma$, mithin r Berührungspunkt der Tangente pq; im zweiten Falle ist $mr > ma$.

Man erhält im ersten Falle nur eine, im zweiten Falle aber zwei solche Berührungsebenen des Kreises pqB, daher auch beziehungsweise eine oder zwei Ellipsen.

Wir legen die Geraden Am, Rr um ar in die Bildfläche nach $\alpha m\rho$, $r\rho$; und erhalten $r\rho$ als Abstand des Punktes R von der Bildfläche $a\alpha \| r\rho \perp ar$.

Dann legen wir den Kreis pqB und den Punkt R um pq nach $pq\beta$ und ρ_1; ziehen die Tangenten $\rho_1\beta h$, $\rho_1\gamma h_1$ an den Kreis $pq\beta$ und erhalten h, h_1 als Schnittpunkte der Tangenten RB und RC des Kreises pqB mit der Zeichnungsfläche $r\rho_1 \perp pq$, $r\rho_1 = r\rho$.

Nun sind hm, h_1m die Tracen der Ebenen, welche durch die Gerade Am gehen und den Kreis pqB berühren, welche also die Kugel nach Kreisen schneiden, deren orthogonale Projectionen die fraglichen Ellipsen sind.

Die Ellipse abx hat xy zur grossen Axe und berührt die Gerade pq im Punkte b; die Ellipse ax_1c, deren grosse Axe x_1, y_1 ist, berührt pq aber in dem Punkte c.

Dass x, y, x_1, y_1 Berührungspunkte des Kreises mpq mit den eben genannten Ellipsen sind, ist selbstverständlich.

4. Es soll dem Kreise mpq Fig. 3 eine Ellipse eingeschrieben werden, von welcher eine Tangente pq nebst dem Berührungspunkte a gegeben ist.

ah ist die Projection der gemeinsamen Tangente Ah des Kreises k und des zur Bildfläche senkrechten Kreises Apq.

Wir legen den Kreis Apq sammt der Tangente Ah um pq in die Bildfläche nach $p\alpha q$, $h\alpha$ und finden h als Durchschnittspunkt der Tangente Ah mit der Bildfläche $a\alpha \perp pq$.

Demnach ist hm die Trace der Ebene des Kreises k und weil sie den Kreis mpq in den Punkten x, y schneidet, so ist xy die grosse Axe der fraglichen Ellipse.

Die Ebene $\bar{A}mh$ schneidet die Kugel ebenfalls nach einem Kreise, dessen Projection jedoch mit der letztgenannten Ellipse zusammenfällt.

5. Fig. 4 betrifft die Auflösung des Falles, wenn von der dem Kreise mpq einzuschreibenden Ellipse zwei Tangenten pq und uv gegeben sind.

Wir betrachten pq, uv als Projectionen der Tangenten Ah, Bh des Kreises, dessen Ebene durch den Kugel-Mittelpunkt und berührend an die Verticalkreise Apq und Buv gelegt wird.

Es sind hier vier solche Ebenen möglich, von denen zwei, die äusseren, von beiden Kreisen auf derselben Seite, die anderen zwei, die inneren, von einem Kreise auf der einen, von dem anderen Kreise auf der zweiten Seite berührt werden.

Von jedem Paare kommt nur eine Ebene in Betracht, weil der Schnitt der zweiten Ebene mit der Kugel als Projection dieselbe Ellipse hat, wie jener der ersten Ebene.

Die Ebene, welche durch m geht und von den beiden Kreisen Apq, Buv auf derselben Seite berührt wird, ist zugleich Tangentenebene des Kegels $sApqB$, der als Leitlinien die genannten Kreise und als Scheitel den Schnittpunkt s der Geraden pv, qu hat.

Daher ist sm die Trace dieser Ebene; sie schneidet den Kreis mpq in den Punkten x, y, in welchen die Berührung desselben mit der Ellipse mxy stattfindet.

h ist Durchschnittspunkt der Tangente hA mit der Bildfläche.

Zieht man die Tangente $h\alpha_2$ an den umgelegten Kreis Apq, durch den Berührungspunkt α_2 die Gerade $\alpha_2 a \perp pq$ und dann die Gerade abs; so bilden a, b die Berührungspunkte der Tangenten pq, uv mit der Ellipse mxy; denn es ist ab die Projection der Berührungskante ABs des Kegels $spquv$ mit der Ebene AmB.

Der Punkt a kann auch wie folgt gefunden werden. Man zieht die Tangente $h\alpha$ an den Kreis mpq und durch den Berührungspunkt α die Gerade $\alpha a \perp mh$. Es ist nämlich der Verticalkreis αa der geometrische Ort der Berührungspunkte aller durch h gehenden Tangenten an die Kugel.

Die Ebene, welche durch den Kugel-Mittelpunkt m geht und von dem Kreise Apq auf der einen, sowie von dem Kreise Buv

auf der anderen Seite berührt wird, ist zugleich Tangentenebene des Kegels s_1pqur, der die genannten Kreise als Leitlinien und den Schnittpunkt s_1 der Geraden pu, qv als Scheitel hat.

Die Trace s_1m der beiden Ebenen schneidet den Kreis mpq in den Punkten x_1, y_1, folglich ist wieder x_1y_1 die grosse Axe der zweiten Ellipse mx_1y_1, welche den Kreis mpq und zwar in den Punkten x_1, y_1 berührt.

Um die Berührungspunkte a_1, b_1 der Tangenten pq, uv mit dieser Ellipse zu erhalten, hat man durch den Schnittpunkt h_1 der Tracen pq, s_1m die Tangente $h_1\alpha_3$ an den Kreis $pq\alpha_3$, dann $\alpha_3a_1 \perp pq$, oder die Tangente $h_1\alpha_1$ an den Kreis mpq, dann $\alpha_1a_1 \perp h_1m$ und endlich $a_1s_1b_1$ zu ziehen.

Es ist nämlich wieder $a_1b_1s_1$ die Projection der Berührungskante $\bar{A}_1s_1B_1$ des Kegels s_1pquv mit der Ebene mh_1s_1.

B. Der Kreis und die ihm eingeschriebene Ellipse haben verschiedene Mittelpunkte.

6. Von der dem Kreise mpq Fig. 5 einzuschreibenden Ellipse ist die kleine Axe cd gegeben.

cd ist die Projection von dem Diameter CD des Kreises k. Die Trace xy der Ebene des Kreises k geht durch den Schnittpunkt h des Diameters CD mit der Zeichnungsfläche und steht senkrecht zu $cd.cn = nd$.

Wir legen CD um cd in die Bildfläche nach $\gamma\delta$ und erhalten sofort h im Durchschnitte der Geraden $\gamma\delta$, cd.

Dann ziehen wir die Trace xhy sowie die Gerade $anb \perp mn$ und machen $na = nb = \frac{1}{2}\gamma\delta$.

x, y sind Berührungspunkte des Kreises mpq mit der ihm eingeschriebenen Ellipse $cdxy$ und ab ist die grosse Axe der Ellipse.

7. Von der dem Kreise mpq Fig. 5 einzuschreibenden Ellipse ist die grosse Axe ab gegeben.

Die kleine Axe cd der Ellipse geht durch das Centrum m.

Der um cd in die Zeichnungsfläche gelegte Diameter CD erscheint als Sehne $\gamma\delta$ des Kreises mpq und zwar ist $\gamma\delta = ab$.

Der Mittelpunkt i der Sehne $\gamma\delta$ liegt in der Axe ab.

Um $\gamma\delta$ zu erhalten, ziehen wir in dem Kreise mpq die Sehne $\gamma_1\delta_1 = ab$ und halbiren sie in dem Punkte i_1; ferner bestimmen

wir in der Geraden ab den Punkt i, so dass $mi = mi_1$ ist und errichten $\gamma i\delta \perp mi$. $\gamma\delta$ schneidet mn im Punkte h.

Endlich ziehen wir die Trace hxy der Ebene des Kreises k sowie die Geraden γc und $\delta d \perp mn$.

Der Kreis mpq und die Ellipse $abcd$ berühren sich also in den Punkten x, y.

Aus dem eben Gesagten folgt auch die Auflösung für die umgekehrte Aufgabe, nämlich: die Berührungspunkte x, y einer durch ihre Axen gegebenen Ellipse $abcd$ mit einem aus m zu beschreibenden Kreise zu bestimmen.

Man hat nämlich $cb_1 = an = {}^1/_2 ab$ zu machen, $mi \perp cb_1$, $i\gamma \parallel cb_1$, sowie $xhy \parallel ab$ zu ziehen und $i\gamma = {}^1/_2 ab$, $mx = my = m\gamma$ abzuschneiden.

Dazu ist die Zeichnung der Ellipse nicht nothwendig. mx und my sind Normalen der Ellipse $abcd$.

Daher gelten diese Constructionen auch für Normalen von Ellipsen, welche durch Punkte ihrer kleinen Axe zu ziehen sind.

8. Construction der Axen einer Ellipse Fig. 6, von welcher ein Peripheriepunkt e und die Berührungspunkte x, y des ihr umschriebenen Kreises mxy gegeben sind.

Die kleine Axe cd der Ellipse liegt in der zu xy senkrechten Geraden mh.

Wir betrachten mh als Projectionsaxe, die Ellipse als horizontale Projection des Kreises Exy der Kugel, und bestimmen die verticale Projection ε des Punktes e. $me_1 = me$; $e_1\varepsilon_1 \parallel e\varepsilon \parallel xy$; $\varepsilon_1 e \parallel mh$.

Dann ziehen wir durch die Punkte h, ε die Sehne $\gamma\delta$ des Kreises mpq, welche zugleich die verticale Projection des Kreises Exy ist. Demnach ergeben sich die Endpunkte c, d der kleinen Axe cd als horinzontale Projectionen der Punkte γ, δ.

Die grosse Axe ab hat aber die Länge von $\gamma\delta$.

9. Construction der Axen einer Ellipse Fig. 6, von welcher die Berührungspunkte x, y mit dem Kreise mxy und eine Tangente $h_1 e$ bekannt sind.

Die Tangente Eh_1 der Kugel, deren Projection eh_1 ist, trifft im Punkte h_1 die Bildfläche.

Um den Berührungspunkt e zu finden, lege man den Verticalkreis Epq um eh_1 in die Bildfläche, ziehe an den umgelegten Kreis εpq die Tangente $h_1\varepsilon_3$ und führe deren Berührungspunkt ε_3 wieder in den Kreis Epq nach e zurück.

Oder: Man ziehe die Tangenten xt, yt und $h_1\varepsilon_2$ an den Kreis mxy und dann durch den Berührungspunkt ε_2 die Gerade $t\varepsilon_2$, bis sie die gegebene Tangente im Punkte e schneidet.

Wir betrachten nämlich die Kreise mxy und Exy als Leitlinien eines Kegels, dessen Scheitel T also in der zur Zeichnungsfläche senkrechten Durchschnittslinie Tt der die beiden Kreise berührenden Ebenen Ttx und Tty liegt. Die Ebene, welche durch den Scheitel T und die Tangente Eh_1 gelegt wird, schneidet die Bildfläche nach der Tangente $h_1\varepsilon_2$ des Kreises mpq und berührt den Kegel längs der Kante $T\varepsilon_2$; weil letztere aber die Tangente Eh_1 in E schneidet, so ist E Berührungspunkt von Eh_1 und folglich ist auch e Berührungspunkt der Geraden eh_1.

10. Dem Kreise mpq Fig. 5 soll eine Ellipse eingeschrieben werden, von welcher der Mittelpunkt n und ein Peripheriepunkt e, also ein Diameter enf gegeben sind.

Wir legen den Diameter EF des Kreises k um seine Projection ef in die Bildfläche nach $\varepsilon\varphi$.

Da sich ef und $\varepsilon\varphi$ im Punkte h_1 treffen, so ist h_1 der Durchschnittspunkt des Diameters EF mit der Zeichnungsfläche.

Die Trace xy der Ebene von k ist also senkrecht zu mn durch den Punkt h_1 zu ziehen.

x, y sind sofort die Berührungspunkte des Kreises mpq mit der Ellipse nef.

$\varepsilon\varphi$ ist ein umgelegter Durchmesser des zu projicirenden Kreises, weshalb die grosse Axe ab der Ellipse dieselbe Länge wie $\varepsilon\varphi$ hat.

11. In Fig. 7 sollen dem Kreise mpq Ellipsen eingeschrieben werden, welche durch die drei Punkte a, b, c gehen.

Hier ist die Ebene eines Kreises k durch drei Punkte der Kugel gegeben, deren Projectionen a, b, c sind.

Nun entsprechen den Projectionen a, b, c drei Punkte A, B, C auf der oberen und drei Punkte $\bar{A}$, $\bar{B}$, $\bar{C}$ auf der unteren Kugelhälfte, weshalb also acht Kreise möglich sind, von denen jedoch je zwei eine und dieselbe Projection haben.

Von diesen Kreisen sind wieder nur diejenigen zu projiciren, deren Ebenen den Kreis mpq schneiden.

Wir legen die Geraden AB, AC um ihre Projectionen ab, ac in die Bildfläche nach $\alpha\beta$, $\alpha_1\gamma$ und erhalten so h, h_1 als Durchschnittspunkte der Geraden AB und AC mit der Zeichnungsfläche.

hh_1 ist die Trace der Ebene des Kreises ABC und x, y für die Berührungspunkte des Kreises mpq mit der Ellipse abc.

Ebenso können die betreffenden Berührungspunkte der anderen Ellipsen gefunden werden.

12. Fig. 8 bezieht sich auf den Fall, wenn von der dem Kreise mpq einzuschreibenden Ellipse zwei Punkte a, b und eine Tangente uv bekannt sind.

Hier handelt es sich um die Projection eines Kreises k der Kugel, dessen Ebene durch die Punkte A, B oder A, $\bar{B}$ der Kugel geht, den Verticalkreis uvD berührt und zugleich den Kreis mpq schneidet.

Weil höchstens vier solche Ebenen möglich sind, so können unter den gestellten Bedingungen auch höchstens vier Ellipsen gezeichnet werden.

Die Gerade AB trifft die Ebene des Kreises uvD in dem Punkte R und die durch die Gerade AB gelegten Ebenen ABC und ABD schneiden die Ebene uvD nach den Tangenten RC, RD des Kreises uvD.

Bezeichnen nun h, h_1, h_2 die Durchschnittspunkte der Geraden AB, RC und RD mit der Zeichnungsfläche, so bilden hh_1 und hh_2 die Tracen der Ebenen ABC und ABD, welche den Kreis uvD berühren und die Kugel nach Kreisen schneiden, deren Projectionen also dem Kreise mpq eingeschriebene Ellipsen sind, wenn nämlich die vorgenannten Tracen den Kreis mpq schneiden.

Wir legen die Gerade ABR um ihre Projection ab, den Kreis uvD und den Punkt R um uv in die Bildfläche nach $\alpha\beta\rho$, $u\delta v$ und ρ_1. r ist die Projection des Punktes R und $r\rho \perp ab$ der Abstand des Punktes R von der Zeichnungsfläche. $r\rho_1 \perp uv$ und $r\rho_1 = r\rho$.

Die Tangenten $\rho_1\gamma$ und $\rho_1\delta$ berühren den Kreis $u\delta v$ in den Punkten γ, δ und schneiden die Gerade uv in den Punkten h_1, h_2.

c, d sind die Projectionen der Punkte C, D; folglich bilden c, d die Berührungspunkte der Tangente uv mit den Ellipsen abc und abd.

Der Kreis mpq wird von der Ellipse abc in den Punkten x, y und von der Ellipse abd in den Punkten x_1, y_1 berührt. Auf gleiche Weise können bei Benützung der Geraden $A\bar{B}$ die anderen zwei Ellipsen gefunden werden.

13. Von dem Kreise mpq Fig. 9 einzuschreibenden Ellipsen ist ein Punkt b und eine Tangente pq sammt ihrem Berührungspunkte a gegeben.

Der Projection b entsprechen die Punkte B, $\bar{B}$, der Projection ah die Tangenten Ah und $\bar{A}h$ der Kugel.

Die fraglichen Ellipsen bilden die Projectionen der Kreise, welche als Durchschnitte der Kugel mit den Ebenen BAh und $\bar{B}Ah$ erhalten werden.

Für die Bestimmung der Tracen hh_1 und hh_2 dieser Ebenen benützen wir die Durchschnittspunkte h, h_1 und h_2 der Tangente Ah und der zu ihr parallelen Geraden Bh_1 und $\bar{B}h_2$ mit der Bildfläche.

Zu dem Zwecke wurden die Geraden Bh_1, $\bar{B}h_2$ und die Tangente Ah, erstere um die zu pq parallele Gerade uv, letztere um ah in die Bildfläche nach βh_1, $\bar{\beta}h_2$ und αh gelegt und dann die Tracen hh_1, hh_2 gezogen. $\beta h_1 \parallel \bar{\beta}h_2 \parallel \alpha h$.

Da nun der Kreis mpq von der Trace hh_2 in den Punkten x, y und von der Trace hh_1 in den Punkten x_1 y_1 geschnitten wird; so sind x, y und x_1, y_1 die Berührungspunkte des Kreises mpq mit den Ellipsen $abxy$ und abx_1y_1.

14. Von den dem Kreise mpq Fig. 10 einzuschreibenden Ellipsen sind zwei Tangenten pq, uv und ein Punkt a gegeben.

Im vorliegenden Falle ist die Ebene des zu projicirenden Kreises k durch die Bedingungen bestimmt, dass sie den Punkt A oder $\bar{A}$ enthalten und die beiden Verticalkreise pBq und uCv der Kugel berühren soll.

Unter diesen Bedingungen können im Allgemeinen vier Ebenen gefunden werden, nämlich zwei äussere, welche von beiden Kreisen auf derselben Seite, und zwei innere, welche von einem Kreise auf der einen und von dem anderen Kreise auf der zweiten Seite berührt werden.

Die äusseren sind zugleich Tangentenebenen des Kegels, welcher die Kreise pBq, uCv als Leitlinien und den Schnittpunkt s_1 der Geraden pu, qv als Scheitel hat. Die inneren sind wieder Tangentenebenen des Kegels, welcher dieselben Kreise als Leitlinien und den Durchschnittspunkt s der Geraden pv, qu als Scheitel hat.

Wir wollen den weiteren Vorgang für die Bestimmung der Berührungspunkte einer Ellipse mit dem Kreise mpq und den Tangenten pq, uv nur bei Benützung einer von den inneren Ebenen durchführen.

Zu dem Behufe legen wir durch den Punkt A eine zu der Ebene pBq parallele Ebene Arw, bestimmen ihren Durchschnitt mit dem Kegel $spquv$, d. i. der Kreis rFw und drehen diesen sammt dem Punkte A in die Bildfläche nach $r\varphi w$ und α; dann ziehen wir die Tangente $\alpha\varphi h$ an den Kreis $r\varphi w$, deren Berührungspunkt φ ist, sowie die Geraden $\varphi f \perp rw$, fsb und hsx.

Dadurch ergeben sich: die Projection f des Berührungspunktes F der Tangente AF an die Kegelfläche $spquv$, der Durchschnittspunkt h dieser Tangente mit der Bildfläche, sowie die Trace hs der Ebene Ahs, welche den Kegel längs der Kante FsB tangirt und die Kugel nach dem Kreise $AxyB$ schneidet, dessen Projection $axyb$ eine von den fraglichen Ellipsen ist. Diese Ellipse geht nämlich durch den Punkt a, berührt die gegebenen Tangenten pq, uv beziehungsweise in den Punkten b, c und den Kreis mpq in den Punkten x, y.

15. Es sollen dem Kreise mpq Fig. 11 Ellipsen eingeschrieben werden, welche die Gerade pq in dem Punkte a und die Gerade uv in einem noch fraglichen Punkte berühren.

Hier kommt es darauf an, die Projectionen der beiden Kreise zu bestimmen, welche als Durchschnitte der Kugel mit den durch die Tangente Ah oder $\bar{A}h$ des Verticalkreises pqA berührend an den zweiten Verticalkreis uvB gelegten Ebenen AhB und AhC erhalten werden.

Offenbar ist AhB Tangentenebene an den Kegel $spquv$, welcher die Verticalkreise Apq, Buv als Leitlinien und den Durchschnittspunkt s der Geraden pu, qv als Scheitel hat und AhC ist wieder Tangentenebene des Kegels $s_1 pquv$, welcher dieselben Leitlinien, aber den Durchschnittspunkt s_1 der Geraden pv, qu zum Scheitel hat.

Die Ebene AhB berührt den Kegel $spquv$ längs der Kante AB und die Ebene AhC berührt den Kegel $s_1 pquv$ längs der Kante AC.

Legt man die Tangente Ah um ah in die Bildfläche nach αh ($\perp \alpha n$); so ergibt sich in h der Durchschnittspunkt der Tangente Ah mit der Zeichnungsfläche und es können nun die Tracen hs und hs_1 der Ebenen AhB und AhC gezogen werden.

Folglich sind x, y, b und x_1, y_1, c die Berührungspunkte des Kreises mpq und der Tangente uv mit den zwei möglichen Ellipsen $axyb$ und ax_1y_1c.

16. In Fig. 12 ist der Fall aufgelöst, wenn von der dem Kreise mpq einzuschreibenden Ellipse drei Tangenten pq, uv, rw gegeben sind.

pq, uv, rw können als Projectionen der Tangenten betrachtet werden, welche der zu projicirende Kreis k mit den drei Verticalkreisen Apq, Buv und Crw gemeinschaftlich hat.

Eine Ebene, welche die Kugel nach einem Kreise schneiden soll, dessen Projection eine die Geraden pq, uv und rw berührende Ellipse ist, muss also die drei Verticalkreise berühren.

Wenn diese Kreise keinen Punkt gemeinschaftlich haben, so kann die Berührung in der Weise stattfinden, dass entweder alle drei Kreise auf derselben Seite, oder dass ein Kreis auf der einen und zwei Kreise auf der anderen Seite der betreffenden Ebene liegen.

Es sind also im Ganzen acht solche Berührungsebenen möglich, zwei äussere nnd sechs innere, welche jedoch paarweise symmetrisch gegen die Zeichnungsfläche liegen, und deshalb können unter den obgenannten Bedingungen höchstens vier Ellipsen gezogen werden.

In dem vorliegenden Falle sind nur drei Ellipsen möglich, weil die äusseren Berührungsebenen den Kreis *mpq* nicht schneiden.

Zur Bestimmung der inneren Berührungsebenen benützen wir die Kegelflächen, welche je zwei von den Verticalkreisen *Apq*, *Buv*, *Crw* als Leitlinien haben und deren Scheitel s, s_1, s_2 die Durchschnittspunkte der Kanten *pr*, *qw*; *pv*, *qu* und *uw*, *vr* bilden.

Jede von den fraglichen Ebenen berührt zwei von den Kegelflächen und folglich sind ss_1, ss_2 und s_1s_2 die Tracen derselben.

Die Trace ss_1 der Ebene ss_1A schneidet die verticale Ebene *Apq* in dem Punkte *h* und die Durchschnittslinie *hA* der Ebenen ss_1A und *Apq* berührt den Kreis *Apq* in dem Punkte *A*.

Um die Projection *a* des Punktes *A* zu finden, legen wir den Kreis *Apq* nach αpq, ziehen die Tangente $h\alpha$ an denselben und durch den Berührungspunkt α die Gerade $\alpha a \perp pq$. — Oder, wir ziehen die Tangente $h\alpha_1$ an den Kreis *mpq* und dann $\alpha_1 a$ senkrecht zu *hm*.

Es ist nämlich der Verticalkreis $\alpha_1 a$ der geometrische Ort der Berührungspunkte aller durch den Punkt *h* gehenden Tangenten an die Kugel, folglich muss derselbe auch den Berührungspunkt *A* der Tangente *hA* enthalten und die Projection von *A* also in der Geraden $\alpha_1 a$ liegen.

Nun können die Projectionen *ab*, *ac* der Berührungskanten *AB*, *AC* der Kegelflächen *spqrw*, s_1pquv mit der Ebene ss_1A dargestellt werden.

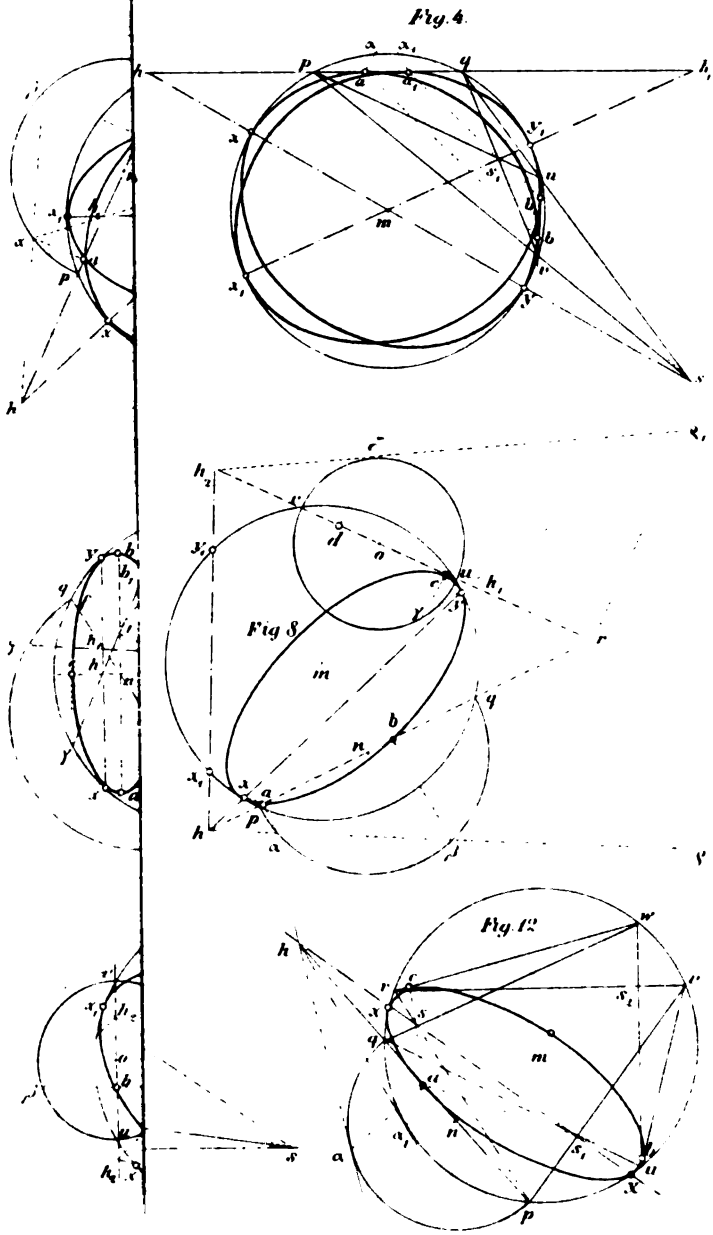
Dann ergeben sich in *x*, *y*, *a*, *b*, *c* die Berührungspunkte einer Ellipse, beziehungsweise mit dem Kreise *mpq* und den gegebenen Tangenten *pq*, *uv* und *rw*.

Auf gleiche Weise können bei Benützung der Tracen ss_2 und s_1s_2 die den anderen zwei Ellipsen entsprechenden Berührungspunkte gefunden werden.

Es braucht wohl kaum bemerkt zu werden, dass die hier behandelten Constructionen auch dann gelten, wenn der Kreis mpq den Umriss einer anderen nicht abwickelbaren und nicht windschiefen Fläche zweiter Ordnung vorstellt.

Die beiden Fortsetzungen, betreffend: II. Den Kegelschnitten eingeschriebene Kreise, und III. Einander eingeschriebene Kegelschnitte im Allgemeinen, werden in kurzer Zeit vorgelegt werden.

R Niemtsch



STANFORD LIBRARY

Druck von J. Wagner in Wien

IX. SITZUNG VOM 20. MÄRZ 1873.

In Verhinderung des Generalsecretärs vertritt der Präsident dessen Stelle.

Die physikalisch-medicinische Societät in Erlangen dankt, mit Schreiben vom 14. März, für den mit ihr eingegangenen Schriftentausch.

Herr Prof. Dr. J. Gottlieb in Graz übersendet eine vorläufige Mittheilung seines Assistenten, Herrn Th. Morawski: „Über eine Isomere der Citronensäure."

Herr Prof. F. Lippich in Prag hinterlegt ein versiegeltes Schreiben zur Wahrung seiner Priorität mit dem Motto: *„Ainsi la matière pondérable n'est pas seule dans l'univers, ses particules nagent en quelque sorte au milieu d'un fluide.* Lamé".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia Olimpica di Vicenza: Atti. Secondo Semestre 1872. Vol. II. Vicenza; 8°.

Annalen der Chemie und Pharmacie von Wöhler, Liebig, Kopp, Erlenmeyer & Volhard, N. R. Band XC, Heft 1—2. Leipzig & Heidelberg, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (Nebst Anzeigen-Blatt.) 11. Jahrg. Nr. 8. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1925—1927. (Bd. 81. 5.) Altona, 1873; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVI°, Nr. 181. Genève, Lausanne & Paris, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 9. Paris, 1873; 4°.

Gesellschaft, k. k. zoolog.-botan., in Wien: Verhandlungen. Jahrgang 1872. XXII. Band, 1.—4. Heft. Wien; 8°.

— Astronomische, in Leipzig: Vierteljahrsschrift. VIII. Jahrgang, 1. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 11. Wien, 1873; 4°.

Hinrichs, Gustavus, The School Laboratory of Physical Science. Vol. II., Nrs. 3 & 4. Iowa City, Iowa, 1873; 8°. — The Method of quantitative Induction in Physical Science. Daventport, Iowa, U. S.; 1872; 8°.

Institution, The Royal United Service, Whitehall Yard: Journal. Vol. XVI, Nr. LXVI. London, 1872; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXIX, Heft 1. Speyer, 1873; 8°.

Nature. Nr. 176, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Osservatorio, Reale, di Brera in Milano: Pubblicazioni. Nr. I. Sul grande commovimento atmosferico avvenuto il 1° di Agosto 1872 nella bassa Lombardia e nella Lomellina. Annotazioni di Giovanni Celoria. Milano, 1873; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger.“ IIe Année, 2e Série, Nr. 37. Paris, 1873; 4°.

Societät, physikalisch-medicinische, zu Erlangen: Verhandlungen. 1. & 2. Heft. Erlangen, 1867 & 1870; 8°.

Société Ethnographique: Mémoires. (Revue orientale. 2e Série.) Tome I, Nr. 1. Paris, 1867; 8°. — Revue Ethnographique. Nrs. 1—2. Janvier—Juin 1869. Paris; 8°. — Actes. Tome II. 13e—15e Livraisons (1867—1868); Tome VII, Nrs. 24—26. Déc. 1872 — Mars 1873. Paris; 8°.

Topsöe, Haldor, Krystallografisk-kemisk Undersøgelse over Platinets Dobbelthaloidsalte. I—IV. Kjøbenhavn, 1869—1870; 8°. — Om Forholdet mellem Sammensaetning, Krystalform og Vaegtfylde. I—IV. 8°. — Krystallografisk-kemiske Undersøgelser over de selensure Salte. Kjøbenhavn, 1870; 8°. — Über die Darstellung der wässerigen Bromwasserstoffsäure. 8°. — Über die Hydrate der Platin-

säure und des platinsauren Barium. 8°. — Détermination des poids spécifiques et des volumes moléculaires de divers sels. 8°. — Nye Methoder til Bestemmelsen af Chlor, Brom og Jod sammen med Platin. 8°. — Krystallografisk-optiske Undersøgelser, med saerligt Hensyn til isomorfe Stoffer. Kjøbenhavn, 1873; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 11 Wien, 1873; 4°.

Vorläufige Mittheilung über eine Isomere der Citronensäure.

Von **T. Morawski,**

Assistent an der technischen Hochschule zu Graz.

Als jene Substanz, welche die Synthese der Citronensäure ermöglichen sollte, wurde von vielen Chemikern seit geraumer Zeit die Carbollylsäure betrachtet.

Durch Substitution eines Wasserstoffatoms durch Hydroxyl unter Vermittlung von Brom hoffte man die Citronensäure synthetisch darzustellen; es scheint nun, dass dieser Weg nicht zum Ziel führt, weil, nachdem er schon so lange angedeutet ist, noch immer die gewünschten Erfolge fehlen.

In anderer Weise schien mir die Synthese der Citronensäure erreichbar, als ich die Formel der Monochlorcitramalsäure näher ins Auge fasste. In dieser Säure wäre das eine Atom Chlor durch Cyan zu ersetzen und dieses nachher durch Carboxyl. Da nun die Monochlorcitramalsäure eine zweibasisch dreiatomige Säure ist, müsste eine derart erhaltene Säure dreibasisch vieratomig sein und sie wäre von gleicher empyrischer Formel mit Citronensäure.

Ich stellte in Folge dessen Versuche an und bediente mich zur Ausführung derselben ganz reiner Monochlorcitramalsäure. Diese wurde zuerst in den Aethyläther überführt, durch Behandlung einer Lösung in absolutem Alkohol mit Salzsäuregas. Durch Eindampfen im Wasserbad konnte der Äther als eine ölige Flüssigkeit erhalten werden von gelblicher Farbe. Der Äther zeigte fast gar keinen Geruch und zeichnete sich aus durch bedeutende Löslichkeit im Wasser.

Der so dargestellte Äther wurde in eine alkoholische Cyankaliumlösung eingetragen, worin er sich augenblicklich löste.

Mit Rückflusskühler wurde nun anhaltend gekocht, hierauf Kalilauge zugesetzt und mit dem Kochen solange fortgefahren bis kein Ammoniak mehr aus der Flüssigkeit entwich.

Die abgekühlte Flüssigkeit, nachdem sie mit Schwefelsäure sauer gemacht war, musste ziemlich oft mit Äther ausgeschüttelt werden, da der Äther nur immer kleine Mengen der entstandenen Säure aus der Flüssigkeit aufnahm.

In der Retorte, in welcher der Äther abdestillirt wurde, entstanden alsbald Krystalle, die nur schwach gelb gefärbt und durch mehrmaliges Umkrystallisiren leicht zu reinigen waren. Die Krystalle zeigen einen deutlich prismatischen Charakter und sind ziemlich leicht löslich in Wasser. Beim Erhitzen kommen sie nicht ins Schmelzen, sondern blähen sich um 160° herum beträchtlich auf, und weiterhin erhitzt zersetzen sie sich unter Entwicklung eines acetonartigen Geruches.

Die Säure wurde bei 100° getrocknet und mit Kupferoxyd verbrannt:

I. 0·3825 Grm. gaben 0·522 Grm. CO_2 und 0·143 Grm. H_2O
II. 0·259 Grm. lieferten 0·359 Grm. CO_2 und 0·101 Grm. H_2O

Für $C_6H_8O_8$ berechnet sich:	Gefunden wurde:	
C . . . . . 37·50	37·20	37·79
H . . . . . 4·16	4·15	4·33

Die lufttrockene Säure nahm an Gewicht bei 100° nicht ab. Es zeigt sich also hier ein Unterschied von gewöhnlicher Citronensäure, welche aus kalter Lösung mit einem Molekül Krystallwasser sich ausscheidet, welches bei 100° verloren geht.

Ganz entschiedene Differenzen boten auch die Salze dieser Säure verglichen mit jenen der Citronensäure. Das Kalksalz ist auch in heissem Wasser so leicht löslich, dass es nach dem Absättigen der Säure mit Kalkwasser beim Kochen nicht herausfällt. Das Silbersalz ist beim Erhitzen bedeutend leichter reducirbar als citronensaures Silber.

Eine ausführliche Beschreibung dieser Säure wird mit jener der interessantesten Verbindungen derselben binnen Kurzem folgen.

Schliesslich erlaube ich mir noch zu bemerken, dass ich eben auch die der Monochlorcitramalsäure isomere Monochlor-itamalsäure derselben Behandlung unterwarf, indem ich vermuthe, dass diese die mit der natürlichen Citronensäure identische Säure geben werde.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

4.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

X. SITZUNG VOM 3. APRIL 1873.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die Stefan'schen Nebenringe am Newton'schen Farbenglas und einige verwandte Interferenzerscheinungen", von Herrn Prof. Dr. E. Mach in Prag.

„Beiträge zur Kenntniss des Wachsthums der Pflanzen" (Fortsetzung und Schluss), vom Herrn Prof. Franz Krašan in Krainburg, eingesendet durch Herrn Vice-Director K. Fritsch in Salzburg.

Drei Abhandlungen des Herrn Fr. Unferdinger, Prof. an der technischen Hochschule in Brünn, und zwar:

1. „Über einige mit Lim. $\frac{n}{\sqrt[n]{n!}} = e$ (für $n = \infty$) verwandte Limiten".

2. „Der mittlere Krümmungsradius und die mittlere Krümmung in einem bestimmten Punkt einer Fläche".

3. „Über die merkwürdigen Eigenschaften des Ausdruckes

$$z^n - \binom{m}{1}(z-1)^n + \binom{m}{2}(z-2)^n - \ldots + (-1)^m \binom{m}{m}(z-m)^n$$

und Anwendung derselben".

„Die Gewebe und Drüsen des Anneliden-Oesophagus", von Herrn Prof. V. Graber in Graz.

„Passage de Vénus. Méthode pour obtenir photographiquement l'instant des contacts avec les circonstances physiques qu'ils présentent", von Herrn J. Janssen, Mitglied der Académie des Sciences in Paris.

„Vorläufige Mittheilung über ein allgemeines Theorem zur Berechnung der Wirkung magnetisirender Spiralen", von Herrn Prof. Dr. Adalbert v. Waltenhofen in Prag.

„Vorläufige Mittheilung zur Lehre von der Structur der Spinalganglien und der peripherischen Nerven", vom Herrn Dr. Sigm. Mayer in Prag.

Diese beiden Mittheilungen sind für den Anzeiger bestimmt.

Herr Frank Calvert übersendet eine Nummer des „Levant Herald", enthaltend den von ihm gelieferten Nachweis über die Existenz des Menschen während der Miocänperiode.

Herr Hofrath Dr. E. Ritter v. Brücke überreicht eine in seinem physiologischen Institute durchgeführte Arbeit des Herrn Dr. Mich. Reich, betitelt: „Einige mikroskopische Studien mit Silbersalpeterlösung besonders an Gefässen des Auges und anderer Organe."

Herr Director Dr. J. Stefan übergibt eine vorläufige, für den Anzeiger bestimmte Anzeige einer neuen Arbeit „über die Dielektricitätsconstanten von Isolatoren", vom Herrn Prof. Dr. L. Boltzmann in Graz.

Der Secretär v. Schrötter legt Beobachtungen vor, die sich auf die von ihm vor längerer Zeit gemachte vorläufige Mittheilung seines Verfahrens der Bearbeitung der Tellurerze und die Abscheidung des Selens, die Fällung des Goldes durch organische Substanzen, die des Tellurs durch schwefelige Säure, und die Bildung von Schwefelsäure beim Verbrennen des Schwefels in der Luft beziehen.

Herr Dr. Heinrich Streintz legt eine Abhandlung vor: „Über die Änderungen der Elasticität und der Länge eines vom galvanischen Strome durchflossenen Drahtes".

Herr Custos Dr. A. Schrauf übergibt die V. Abtheilung seiner „Mineralogischeu Beobachtungen".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Alpen-Verein, Deutscher und österreichischer: Zeitschrift. Jahrgang 1872. Heft 3. München, 1872; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 9—10. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1928—1930 (Bd. 81. 8—10.) Altona, 1873; 4°.

Berliner Astronomisches Jahrbuch für 1875 etc. Berlin, 1873; 8°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVIe Nrs. 182—183. Genève, Lausanne, Paris, 1873; 8^{0}.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1870, Nr. 7 & 8; Anno 1873, Nr. 1 & 2. Firenze; 8^{0}.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 10—11. Paris, 1873; 4^{0}.

Gesellschaft der Wissenschaften, k. böhmische, in Prag: Sitzungsberichte. 1873. Nr. 1. Prag; 8^{0}.

— k. k. mähr.-schles., zur Beförderung des Ackerbaues, der Natur- und Landeskunde: Mittheilungen. 1872. LII. Jahrg. Brünn; 4^{0}. — Notizen-Blatt der histor.-statist. Section. Vom 1. Jänner bis 1. December 1872. Brünn; 4^{0}.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 6. Wien, 1873; 4^{0}.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrg. Nr. 12—13. Wien, 1873; 4^{0}.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VII, 1. Heft. Leipzig, 1873; 8^{0}.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 6. Graz, 1873; 4^{0}

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 6. Wien; 8.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 19. Band, 1873, III. Heft. Gotha; 4^{0}.

Nachrichten über Industrie, Handel und Verkehr aus dem statistischen Departement im k. k. Handels-Ministerium. I. Band, III. Heft. Wien, 1873; 4^{0}.

Nature. Nrs. 160—162, 177—178, Vol. VII. London, 1873; 4^{0}.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VIII, Nr. 1. Torino, 1873; 4^{0}.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 4. Wien; 4^{0}.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIe Année, 2e Série. Nrs. 38—39. Paris, 1873; 4^{0}.

Société littéraire, scientifique et artistique d'Apt: Procès-verbaux des séances. 2e Série. Tome Ier. Bulletin des 6me, 7me et 8me Années. Apt, 1873; 8^{0}.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIe Année, Nr. 11. Constantinople, 1873; 4°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XIXe 1872. Revue bibliographique D. Paris; 8°.

Society, The Asiatic, of Bengal: Journal. Part I, Nr. II. 1872; Part II, Nr. III. 1872. Calcutta; 8°. — Proceedings. Nr. IX. November, 1872. Calcutta; 8°. — *Bibliotheca Indica*. New Series. Nrs. 258—259, 261—262. Calcutta, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 12—13. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 3. Heft. Wien, 1873; 4°.

Über die Änderungen der Elasticität und der Länge eines vom galvanischen Strome durchflossenen Drahtes.

Von Dr. **Heinrich Streintz.**

(Mit 1 Tafel.)

1. Unter den Abhandlungen Wertheim's über die Elasticität fester Körper findet sich auch eine, welche „vom Einflusse des galvanischen Stromes und des Elektromagnetismus auf die Elasticität der Metalle" handelt, und deutsch wiedergegeben ist in Pogg. Ann. Ergänzungsbd. II., S. 99. Wertheim kommt bei diesen Untersuchungen zu dem Resultate, dass der galvanische Strom, während er den Leitungsdraht durchfliesst, die Elasticität desselben ändert.

In denselben Annalen (Bd. 129, S. 15 u. Bd. 131, S. 337) befinden sich auch zwei Abhandlungen von Er. Edlund, aus welchen hervorgeht, dass die Elasticität der Drähte durch den galvanischen Strom nicht anders geändert wird, wie durch eine Erwärmung ohne Strom zur gleichen Temperatur, dass jedoch die Länge der Drähte sich mehr ändert als durch eine Erwärmung zur gleichen Temperatur ohne Strom.

Diese widersprechenden Resultate und der Umstand, dass auch Prof. Wiedemann in seiner neuen Auflage der „Lehre vom Galvanismus" Ende des I. Bandes, die obgleich äusserst sorgfältigen Untersuchungen Edlund's wegen der dabei angewandten Methode nicht für genügend beweiskräftig hält, veranlassten mich, mittelst einer neuen Untersuchungsart beide Erscheinungen zu prüfen. Die Untersuchungen über die Elasticität lassen sich von denen über die Längenveränderung auch nicht trennen, da eine Änderung in der Elasticität eine Correctur bei der Messung der Verlängerung und umgekehrt eine Verlängerung des Drahtes in Folge des galvanischen Stromes wieder eine Correctur des Elasticitätscoëfficienten nach sich zieht.

Meine Beobachtungen führte ich aus in dem physikalischen Institute der Wiener Universität, wo mir der Director des Institutes, Prof. Dr. Stefan, nicht nur den nöthigen Platz einräumte, sondern auch in äusserst zuvorkommender Weise den Mechaniker des Institutes, Herrn Sedlacek, beauftragte, alle zu meinen Untersuchungen nöthigen Apparate nach meiner Angabe anzufertigen. Die Lage dieses Laboratoriums war für meine Versuche ungünstig, indem die vorüberrollenden Wagen die Genauigkeit insbesondere der Schwingungsbeobachtungen beeinträchtigten.

Bevor ich zur auszugsweisen Wiedergabe der Wertheim'schen und Edlund'schen Untersuchungen übergehe, will ich noch einiger, auf diesen Gegenstand bezughabender Abhandlungen Erwähnung thun. Wiedemann hat in einer Reihe von Aufsätzen, Pogg. Ann. Bd. 100, S. 235; Bd. 103, S. 163; Bd. 106, S. 161; Bd. 117, S. 193; Bd. 129, S. 616, eine enge Beziehung zwischen mechanischen Veränderungen, in Drähten und dem Magnetismus derselben dargethan, welche zugleich die Weber'sche Hypothese von der Drehung der Elementarmagnete bestätigen half. In dem Aufsatze des Bandes 117 kommt Wiedemann auch zu folgenden Resultaten: 1. Tordirt man einen Eisendraht während oder auch nach dem Hindurchleiten eines galvanischen Stromes, so wird er magnetisch. 2. Leitet man einen galvanischen Strom durch einen Magnet in der Richtung seiner Axe, so tordirt er sich.

An diesen Aufsatz knüpft Villari in Pisa an (Pogg. Ann. Bd. 126, S. 87) und zeigt, wie auch Wiedemann gethan, dass der galvanische Strom den Magnetismus eines Eisenstabes verändert; ein neues Resultat seiner Forschungen ist aber folgendes: Leitet man durch einen Stab aus Eisen oder Stahl einen galvanischen Strom, unterbricht diesen, und erschüttert den Stab entweder äusserlich durch Klopfen, Tordiren oder Ziehen, oder innerlich durch Magnetisiren oder Erwärmen, so erhält man einen Strom von gleicher Richtung, wie der früher durchgeleitete, und zwar ist dieser Strom stärker bei weichem Eisen als bei hartem Stahl. Villari kommt hiedurch zu folgendem Schluss: „Die bisher erwähnten Erscheinungen nöthigen zu der Annahme, dass der Strom, der der Länge nach durch einen Eisen- oder Stahlstab hindurchgeht, die Moleküle desselben bewegt, und sie

in eine von der Richtung des Stromes abhängige Lage bringt; möglich oder sogar wahrscheinlich, dass die Wirkung eine magnetisirende, möglich, dass sie anderer Art ist".

Wertheim setzt bei seinen Messungen über die Elasticitätsänderung zufolge des galvanischen Stromes voraus, dass dieser die Länge des Drahtes nicht anders als durch die dabei auftretende Wärme verändere und benützt deshalb die Ausdehnung durch die Wärme zur Bestimmung der Temperatur des Drahtes.

In einer früheren Arbeit hatte W. die Abhängigkeit der Elasticität von der Wärme untersucht, und konnte deshalb für eine bestimmte Temperatur die Elasticitätsänderung rechnen. Wenn aber der galvanische Strom entgegen der Annahme Wertheim's eine selbständige Verlängerung bewirkt, so wird die aus der Verlängerung berechnete Temperatur gegenüber der wirklichen zu gross sein, die berechnete Elasticitätsänderung auch zu gross, und wenn endlich die Beobachtung mit dem galvanischen Strome eine noch grössere Elasticitätsänderung ergibt, so kann dieses Plus nicht durch die unrichtig berechnete Temperatur entstanden sein, sondern im Gegentheil müssen die gefundenen Differenzen noch hinter den wirklichen zurückbleiben. Ich nenne im Folgenden immer die Beobachtung ohne Strom und ohne Erwärmung *a*, die Beobachtung mit Strom *b*, und die Beobachtung ohne Strom, jedoch bei der gleichen Temperatur, wie sie der Strom hervorgerufen hatte, *c*. Bei Wertheim tritt an die Stelle dieser letzteren Beobachtung der aus der Verlängerung des Drahtes berechnete Werth des Elasticitäts-Coëfficienten.

Da ich bei meinen Beobachtungen stets eine Temperatur-Differenz von etwa 37° C. hatte, so habe ich in der folgenden Tabelle nur diejenigen Beobachtungen aufgenommen, welche bei einer Temperaturdifferenz gemacht wurden, die derjenigen von 37° am nächsten kommt. q bedeutet den Querschnitt des Drahtes in Quadratmillimetern und Q den Quotienten

$$Q = \frac{(E_c - E_b)100}{E_a - E_c},$$

wobei E_a, E_b, E_c die Werthe der Elasticitäts-Coëfficienten sind, wie sie aus den Beobachtungen *a*, *b*, *c* hervorgehen. Q ist dem-

nach die Änderung des Elasticitäts-Coëfficienten in Folge des Stromes allein ($E_c - E_b$) ausgedrückt in Procenten der Veränderung zufolge der Erwärmung allein ($E_a - E_c$). Die Temperatur bei der Beobachtung a war bei W. stets $t_a = 10°$ C. In der Tabelle bedeutet t den Temperaturunterschied $t_c - 10°$.

Metall	q	t	Q
Silber	0·154	14·0	+ 9·2
„	0·119	38·9	+ 8·5
Kupfer	0·364	2·7	+ 6·2
„	0·241	15·7	+ 8·9
Messing	0·143	27·7	+ 8·3
Eisen	0·169	47·9	+ 7·2
Schwedisches Eisen	0·0216	43·9	+ 7·1
Stahl	0·1293	23·7	+ 1·8
„	0·1293	65·4	+ 5·5
„	0·0502	39·0	+11·7
Platin	0·329	35·6	+ 3·4
„	0·329	35·6	— 3·2
„	0·094	42·5	— 4·7

Aus dieser Tabelle würde folgen, dass der Elasticitäts-Coëfficient durch den galvanischen Strom, unabhängig von der erzeugten Wärme verändert wird und zwar würde die Abnahme desselben mehrere Procente der durch die Wärme allein bewirkten Abnahme betragen.

Wertheim bestimmte die Elasticitäts-Coëfficienten endlich noch aus dem Longitudinaltone, nahm jedoch hiebei an, dass keine merkliche Erwärmung des Drahtes eintritt, welche Annahme mir aber bei einem Durchmesser der Drähte von 0·14—0·37 Mm. durchaus nicht gerechtfertigt scheint, weshalb ich diesen Angaben weniger Gewicht beilegen zu müssen glaube.

3. Die erste Abhandlung Edlund's nennt sich „experimenteller Beweis, dass der galvanische Strom unabhängig von der entwickelten Wärme feste Körper ausdehnt".

Die Hauptschwierigkeit dieser Untersuchung liegt in der Temperaturbestimmung des Drahtes; diese kann durch kein Quecksilberthermometer gemacht werden, ebensowenig durch eine Thermosäule, da in dem Berührungspunkte ein Ausbreiten

des galvanischen Stromes, und deshalb ein Sinken der Temperatur erfolgen würde; auch wäre es unmöglich, bei jeder Messung die Thermosäule in gleicher Weise an den Draht anzusetzen; dass man endlich die Verlängerung des Drahtes nicht zur Temperaturbestimmung benützen kann, ist selbstverständlich. Edlund bestimmt die Temperatur des Drahtes aus dem galvanischen Leitungswiderstand, nachdem er an demselben Drahte die Abhängigkeit des Leitungswiderstandes von der Temperatur untersucht hatte. Derselbe leitete durch den Draht Ströme von verschiedener Intensität, mass einerseits die Verlängerung des Drahtes und berechnete hieraus die Temperatur, andererseits den Leitungswiderstand und berechnete hieraus ebenfalls die Temperatur; die Fehler der Beobachtungen liegen zwischen 0·2 und 0·6. Die Beobachtungen umfassen vier Drähte und im Folgenden gebe ich wieder die Beobachtungen bei solchen Temperaturdifferenzen an, welche den bei mir vorkommenden zunächst liegen.

Es seien t_a, t_b, t_c die Temperaturen der Drähte bei der ersten Beobachtung *a* ohne Strom und ohne künstliche Erwärmung, bei der Beobachtung *b* mit Strom, dieselbe aus der Verlängerung berechnet, und endlich bei der Beobachtung *c* mit Strom, dieselbe aber aus dem Leitungswiderstand berechnet. Es ist demnach $t_b - t_c$ die Differenz, um welche die Temperatur aus der Verlängerung berechnet grösser ist als die aus dem Leitungswiderstande berechnete, also die galvanische Ausdehnung des Drahtes; dieselbe soll mit Δ_{bc} bezeichnet werden, und wenn sie in Procenten von $t_c - t_a$ ausgedrückt ist, mit Δ_0. *d* ist der Durchmesser der Drähte in Millimetern.

Metall	*d*	$t_b - t_a$	$t_c - t_a$	Δ_{bc}	Δ_0
Platin	0·512	33·50	31·27	2·23	7·1
Eisen	0·339	43·58	39·55	4·03	10·1
„	„	„	39·69	3·89	9·8
Messing ...	0·323	47·58	46·41	1·17	2·5
Eisen	0·400	73·04	67·94	5·10	7·5

Da es nothwendig war, zu wissen, ob der galvanische Strom den Elasticitäts-Coëfficienten anders als nur durch die auftretende Wärme ändert, so wiederholte Edlund die Messung

der Verlängerung bei verschiedenen Belastungen, wobei sich herausstellte, dass die Änderung in der Elasticität nur von der entwickelten Wärme herrührt. In seiner zweiten Abhandlung (Pogg. Ann. Bd. 131, S. 137) berichtet Edlund über zwei andere Versuche, die galvanische Ausdehnung des Drahtes nachweisen, doch wurde auch hier zur Bestimmung der Temperatur der galvanische Leitungswiderstand benützt. Edlund erwärmte einmal den Draht auf die Temperatur von 100°, indem er denselben mit einem Kasten umgab, in welchem sich siedendes Wasser befand und mass jetzt Leitungswiderstand und Verlängerung, das anderemal brachte er den Draht durch den galvanischen Strom zum gleichen Leitungswiderstand und mass die Verlängerung. Der Unterschied dieser Beobachtungsmethode von der früheren besteht darin, dass man nicht das Gesetz zu kennen braucht, durch welches Leitungswiderstand und Temperatur zusammenhängen, doch enthält dieselbe noch immer die Voraussetzung, dass bei gleichem Leitungswiderstande auch die Temperatur die gleiche, also der Leitungswiderstand nur eine Function der Temperatur ist.

Endlich wandte Edlund noch eine dritte Beobachtungsmethode an. Es wurde der Draht durch verschiedene Stromstärken zum gleichen Leitungswiderstand, also nach obiger Annahme zur gleichen Temperatur gebracht, indem der Draht einmal durch einen Ventilator abgekühlt wurde, das anderemal von Eiderdaunen umgeben war. Im ersteren Falle musste wegen der rascheren Abkühlung des Drahtes die Stromstärke grösser genommen werden, und wirklich war auch trotz der gleichen Temperatur im ersteren Falle der Draht länger.

Es zeigte sich bei diesen Versuchen, dass die galvanische Verlängerung (so soll die Ausdehnung des Drahtes in Folge des galvanischen Stromes allein genannt werden) mit Schliessung des Stromes nicht plötzlich eintritt, sondern allmälig, ungefähr in gleicher Weise, wie die Verlängerung durch die Wärme. Edlund schliesst daraus, dass die Verlängerung nicht in einer Streckung bestehen kann, sondern die Folge einer moleculären Bewegung, ähnlich der der Wärme sein muss, und zwar soll diese galvanische Bewegung sich in Wärmebewegung umsetzen, sobald der Strom unterbrochen wird. Ich werde zum Schlusse

dieser Abhandlung nochmals auf diese Hypothese zurückkommen.

4. Meine Methode, die Temperatur des Drahtes zu bestimmen, war folgende; ich überzog den Draht an einzelnen Stellen mit einer äusserst dünnen Schicht von Stearin und erhöhte die Stromstärke so lange, bis jener Überzug an den Rändern zu schmelzen begann. Diese Methode setzt voraus, dass die Temperatur des Drahtes an der Oberfläche dieselbe sei wie im Innern; es ist jedoch nicht denkbar, dass bei Drähten von wenigen Zehntelmillimetern Durchmesser und bei dem guten Wärmeleitungsvermögen der Metalle die verschiedenen Punkte des Querschnittes einen messbaren Temperaturunterschied besitzen.

Das Stearin eignet sich zu dieser Beobachtung in besonderem Grade, indem es im festen Zustande eine krystallinische Structur besitzt, und daher selbst an den dünnsten Schichten, welche vollkommen durchsichtig erscheinen, leicht bemerkt werden kann, ob dieselben noch fest oder schon geschmolzen sind. Das Stearin besitzt ausserdem einen constanten Schmelzpunkt, welcher bei meinem Stück, das aus der Milly-Kerzenfabrik von Sarg stammte, 55·5° C. betrug. Bei dieser Temperatur geht es unmittelbar aus dem festen Zustande in den flüssigen über; ist es endlich vollständig geschmolzen und lässt man es langsam erkalten, so beginnt es sowie die Temperatur unter 55·5° sinkt, sich zu trüben, und während die Temperatur noch fortwährend sinkt, trübt es sich bis zur Undurchsichtigkeit; bei 53·4° C. tritt ein constanter Erstarrungspunkt ein, und das Stearin wird fest.

Es besitzt dasselbe also einen constanten Schmelzpunkt und einen constanten Erstarrungspunkt, welche um 2·1° C. differiren. Natürlich gelten die Zahlenwerthe nur für die von mir benützte Sorte; je mehr das käufliche Stearin sich der reinen Stearinsäure nähert, desto höher werden Schmelz- und Erstarrungstemperatur liegen.

Die Bestimmung des Schmelzpunktes geschah auf doppelte Art; einmal wurde das Thermometer in das schmelzende Stearin gehalten und mit demselben fleissig umgerührt, ein anderes Mal wurde das Thermometer mit einer dünnen Schicht Stearin überzogen und in ein Gefäss mit erwärmtem Wasser getaucht. Von ungefähr 53° an wurde das Wasser so langsam erwärmt, dass

die Temperatur in der Minute nur um wenige Zehntelgrade stieg und fortwährend der Stand des Thermometers beobachtet; auch auf diese Art fand sich die Temperatur des Wassers, bei welcher das Stearin vom Thermometer abschmolz, zu 55·5° C.

Da Bedenken auftreten könnten, ob das Stearin an der Oberfläche des Drahtes nicht erst dann zu schmelzen beginnt, wenn die Temperatur des Drahtes schon höher als 55·5° sei, so stellte ich folgenden Versuch an.

Eine Messingröhre von 5 Mm. Durchmesser, bei welcher die Dicke des Metalls 0·2 Mm. betrug, also ungefähr gleich war dem Halbmesser der benützten Drähte, wurde von einem Glascylinder umgeben, dessen Weite 16 Cm. betrug und daher beiläufig in dem Verhältniss zur Messingröhre stand, wie die bei den später beschriebenen Versuchen den Draht umgebende Glasröhre zum Draht. Der Glascylinder schloss die die Messingröhre umgebende Luft vollständig ab, so dass keine Luftströmung entstehen konnte; bei der Grösse des abgeschlossenen Raumes wurde während der Erwärmung der Röhren dennoch die umgebende Luft nicht merklich erwärmt. Die blanke Messingröhre war mit einer dünnen Schicht Stearin überzogen und wurde mittelst durchströmenden Wassers erwärmt. Das Wasser wurde durch ein weites Glasrohr zugeführt, in welchem sich unmittelbar an der Eintrittsstelle des Wassers in die Messingröhre das früher benützte Thermometer befand. Die Temperatur des durchfliessenden Wassers wurde nun äusserst langsam dem Schmelzpunkt des Stearins genähert, und sowie dieselbe 55·5° erreichte, schmolz sehr rasch das gesammte Stearin. Der Versuch wurde mehrere Male wiederholt und gab nur um 0·1° abweichende Resultate.

Die Temperatur eines durch einen galvanischen Strom erwärmten Drahtes hängt auch ab von der Ausstrahlung der Oberfläche des Drahtes und von der Ableitung der Wärme durch das umgebende Medium. Sollen daher die verschiedenen Theile des Drahtes dieselbe Temperatur besitzen, so müssen auch diese Bedingungen dieselben sein. Es könnte demnach scheinen, dass durch die Stearinhülle sowohl die Leitung als die Strahlung eine andere würde. Es wurde deshalb der Draht an einzelnen Stellen stärker, an anderen schwächer überzogen, an manchen Stellen waren nur durch die Lupe Pünktchen von Stearin

wahrzunehmen und hiebei zeigte es sich, dass das Schmelzen an den Rändern des Stearins so ziemlich überall zu gleicher Zeit eintrat und nicht später als das Schmelzen der kleinen Pünktchen. Wie aus den Beobachtungen der Verlängerung des Drahtes hervorging, war bei einer Temperatur von $^1/_2{}^\circ$ über dem Schmelzpunkt des Stearins auch schon das gesammte Stearin geschmolzen.

Die Beobachtungen wurden so ausgeführt, dass in die Stromschliessung ein Rheostat eingeschaltet, und durch Verminderung des Widerstandes die Stromstärke äusserst langsam erhöht wurde, bis das Stearin zu schmelzen begann.

Der Stearinüberzug gelingt am besten, wenn man einen Papierlappen in das geschmolzene Stearin taucht, und mit demselben rasch über den Draht hinwegfährt; auch ist es gut, das Stearin in einem Wasserbade zu schmelzen, damit nicht einige Theile zu stark erhitzt werden und die leichter verdampfbaren Bestandtheile entweichen. War das Stearin durch den Strom einmal geschmolzen, so erstarrte es an den Stellen, an welchen es dicker aufgetragen war, in Form von Tröpfchen, an den dünneren Stellen bildete es einen nur durch seine krystallinische Structur erkennbaren Überzug; wurde der Draht neuerdings erwärmt, so schmolz dieser dünne Überzug seiner ganzen Länge nach in einem Augenblicke, und zwar bei demselben Stande der Scala, also bei derselben Länge des Drahtes, bei welcher früher das Schmelzen an den Rändern des Überzuges stattgefunden hatte.

Der Draht war von einem Glasrohr von 20 Mm. Weite umgeben und wurde mittelst einer Lupe beobachtet. Die Fehler der Beobachtung konnten, wie sich aus der Wiederholung der Beobachtungen und den dabei vorkommenden Unterschieden in der Länge ergab, $0{\cdot}5^\circ$ nicht überschreiten.

Auf diese Weise wurden die Resultate der Beobachtungen *b* erhalten.

Um den Draht ohne Strom auf die gleiche Temperatur von $55{\cdot}5^\circ$ zu bringen, wurde derselbe durch geschmolzenes Stearin erwärmt. Ein Apparat ähnlich einer Coulomb'schen Drehwage (Fig. 1) trug an Stelle der sonst einfachen Röhre ein System von drei Glasröhren, in deren innerster (2 Mm. innerer Durchmesser) der Draht aufgehängt war. Zwischen der innersten und mittleren

(4 Cm. innerer Durchmesser) befand sich Stearin, und zwischen der mittleren und äussersten (6 Cm. innerer Durchmesser) Wasser von der Temperatur 60—80°. Das Stearin wurde ein für allemal zwischen der innersten und mittleren Röhre eingefüllt, das Wasser aber von einem Erwärmungsgefässe durch die Röhre *M* zugeführt, und durch die Röhre *N* abgeleitet, welche beide durch Quetschhähne beliebig geöffnet und geschlossen werden konnten. Der Wasserstand wurde stets so regulirt, dass das Wasser nahe den oberen Rand der Röhre erreichte. Nach 2—3 Stunden war das Stearin ganz geschmolzen; das Wasser wurde nun abgelassen und gewartet bis das Stearin sich zu trüben begann; in diesem Momente war die Temperatur desselben 55·5°.

Da die Vorrichtung, welche zur Erwärmung diente, die Aussicht auf den Draht hemmte, so schaltete ich in die Stromschliessung noch ein zweites Stück vom gleichen Drahte ein, das ebenfalls von einer Röhre vom gleichen Stücke wie die innerste umgeben war. Um auch bei diesem Drahtstücke Luftströmungen fernzuhalten, wurde die Röhre beiderseits von zwei Korken abgeschlossen, durch welche der Draht central hindurchging.

Die Anordnung sämmtlicher in die Stromschliessung eingeschalteter Stücke war folgende: Batterie von 6—12 Smee'schen Elementen, Erwärmungsapparat, eine Tangenten-Bussole, welche bei den vorkommenden Stromstärken Ausschläge von 30—50° gab, das mit Stearin bedeckte Drahtstück (Probedraht), Rheostat, Batterie.

5. Zur Bestimmung der Elasticitäts-Coëfficienten wählte ich wegen der Genauigkeit der Beobachtungsweise die Torsionsschwingungen.

Auch Kohlrausch und Loomis hatten bei ihren Untertersuchungen über die Abhängigkeit der Elasticität von der Temperatur (Pogg. Ann. Bd. 141, S. 481) diese Methode gewählt und im Eingange gezeigt, dass die Schwingungsdauer unabhängig ist von der Ausdehnung des Drahtes durch die Wärme. Der Modul der Torsionselasticität, ausgedrückt durch die Schwingungsdauer ist

$$E = k \cdot \frac{1}{T^2},$$

wobei die Constante k auch das Trägheitsmoment des ganzen Systemes, den Querschnitt und die Länge des Drahtes enthält. Man kann $k = 1$ setzen, dann ist

$$E = \frac{1}{T^2},$$

und der reciproke Werth des Quadrates der Schwingungsdauer ist ein Mass für den Elasticitätscoëfficienten; doch dürfen die für die verschiedenen Drähte gefundenen Werthe von E nicht mit einander verglichen werden, da k für jeden Draht ein anderes ist, und deshalb der Elasticitätsmodul bei jedem Drahte nach einem anderen Masse gemessen ist. Für ein und denselben Draht erhält man drei Elasticitätsmoduln E_a, E_b, E_c, wie sie aus den Beobachtungen a, b, c erhalten werden und diese drei können untereinander verglichen werden, weil für diese k dasselbe ist.

Die Schwingungsdauern wurden mittelst Fernrohr, Spiegel und Scala und einer Secundenuhr gemessen, und die Schwingungen ungefähr 10—12 Minuten gezählt, so dass die gefundene Schwingungsdauer genau ist bis auf 0·01°. Auch wurde zur Controle die Messung stets mindestens zweimal gemacht und das Mittel genommen. Der Apparat war zu diesen Messungen folgendermassen eingerichtet.

Die Drähte, welche durchschnittlich eine Länge von 53·5 Mm. hatten, waren in zwei Messingstangen eingelöthet, von denen die obere einen Kopf (B, Fig. 1) trug, welcher in der Messinghülse A steckte. Die obere Messingstange ragte vom Kopfe ungefähr 4 Cm. in den erwärmten Theil hinein, so dass der Draht seiner ganzen Länge nach auf der Temperatur des erstarrenden Stearins gehalten wurde. Der Kopf trug einen in der Figur nicht sichtbaren Zeiger, mittelst welchem er um einen beliebigen Winkel gedreht und die am Drahte hängenden Gewichte in Schwingungen versetzt werden konnten. Auch wurde an den Rand der Messinghülse eine Mücke aufgesetzt, um beim Zurückdrehen des Zeigers die frühere Gleichgewichtslage zu gewinnen.

Die untere Messingstange C befand sich auch noch einige Centimeter innerhalb des Glasrohres, ragte aber etwa 8 Cm. aus demselben hinaus. Am unteren Ende trug sie eine Messingscheibe, auf welche die cylindrischen Gewichte p aufgesetzt

wurden, und endigte endlich in eine Stahlspitze, welche die leitende Verbindung mit dem Quecksilbernäpfchen *F* und dem Zuleitungsdraht *H* herstellte.

Oberhalb der Gewichte wurde mit einer Hülse ein kleiner Spiegel *D* aufgesetzt.

Vor dem Beginne der Beobachtungen wurde durch den Draht ein Strom geschickt, welcher denselben über die Temperatur des schmelzenden Stearins erhitzte, und zugleich wurden die Gewichte in starke Torsionsschwingungen versetzt, so dass bei den Beobachtungen bleibende Veränderungen ausgeschlossen waren. Eine solche bleibende Veränderung war jedesmal auch eine Torsion des Drahtes, die jedenfalls von einer inneren Spannung herrührte, welche der Draht beim Ziehen erhalten hatte und welche in Folge der Erwärmung nachliess.

Nach dieser Vorbereitung konnte die Schwingungsdauer T_a (bei der Zimmertemperatur und ohne Strom) bestimmt werden. Auch während dieser Beobachtung tauchte die Stahlspitze in das Quecksilbernäpfchen, so dass zur Beobachtung *b* keine weitere Veränderung als die des Stromschliessens nothwendig war. Die Stromstärke wurde durch den eingeschalteten Rheostaten so lange verstärkt, bis das Stearin geschmolzen war, und dann die Gewichte in Schwingungen versetzt.

Da die galvanische Kette, die mir zur Verfügung stand, nicht constant war, so musste der Draht zu Beginn der Messung etwas überhitzt sein; zu Ende der 10 Minuten war dann das Stearin am Drahte schon theilweise erstarrt oder breiartig, also die Temperatur des Drahtes schon unter 55·5° gesunken. Es wurde wegen dieser Fehlerquelle die Beobachtung *b* stets mehreremale wiederholt und der Mittelwerth genommen; doch betrugen die Schwankungen in der Stromstärke bei einem Ausschlage des Galvanometers von beiläufig 40° nie mehr als $^1/_2$—$^3/_4$ Bogengrade. Bei den späteren Messungen traf ich die Einrichtung, auch während der Beobachtung der Schwingungsdauer die Stromstärke reguliren zu können, so dass die Temperatur des Drahtes nur etwa bis zu $^1/_2$° C. über oder unter 55·5° C. kam.

Die Abkühlung, welche die Drähte an den Stellen, wo sie eingelöthet waren, durch Ableitung der Wärme erfuhren, ist bei

den hier vokommenden Temperaturdifferenzen und dem kleinen Durchmesser der Drähte als verschwindend anzusehen.

Bei der Beobachtung *c* endlich (ohne Strom, aber mit Erwärmung) wurde mit der Zählung der Schwingungen begonnen in dem Momente, als das Stearin sich zu trüben begann. Wie Beobachtungen durch Thermometer lehrten, welche an Stelle des Drahtes in die Röhre eingeführt wurden, war in diesem Momente die Temperatur in derselben 55·5° und erst nach ungefähr einer halben Stunde trat der stationäre Zustand ein. Die Messung der Verlängerung, von der der nächste Abschnitt handelt, habe ich während des stationären Zustandes vorgenommen und wegen der kleinen Temperaturdifferenz eine Correctur angebracht; es wäre dies Verfahren wahrscheinlich auch bei den Schwingungsbeobachtungen vortheilhafter gewesen.

Die Röhre, in welcher der Draht spielte, war oben durch den angesetzten Kopf vollständig geschlossen, so dass kein Luftzug stattfinden konnte. Unten konnte die Röhre natürlich nicht geschlossen werden, doch konnte man voraussetzen, dass die äussere kühlere, also schwerere Luft nicht nach aufwärts in das Innere der Röhre so weit eindringen würde, dass sie den Draht erreichte. Von der Richtigkeit dieser Voraussetzung konnte man sich auch direct überzeugen, da das geschmolzene Stearin stets von aussen nach innen erstarrte, und die innerste Glasröhre sich erst dann mit erstarrtem Stearin überzog, nachdem bereits das gesammte übrige Stearin erstarrt war.

Die Temperatur der beiden Messingstäbe, in welche der Draht eingelöthet war, hatte auf die Schwingungsdauer keinen Einfluss, denn der obere Stab nahm an der Schwingung überhaupt nicht Theil, und die Veränderungen im Trägheitsmoment, welche die Erwärmung des unteren Stabes nach sich ziehen könnte, mussten bei dem Radius von wenigen Millimetern gegenüber dem grossen Trägheitsmomente der 7 Cm. im Durchmesser zählenden Bleigewichte verschwinden.

Dem Gesagten zufolge ist bei diesen Beobachtungen gar keine Correctur anzubringen, doch können sie nicht diesen Grad von Genauigkeit beanspruchen wie die im nächsten Abschnitte behandelten; denn durch die Inconstanz der Kette wurde die Beobachtung *b* und durch die Messung der Schwingungsdauer

während des noch nicht stationär gewordenen Zustandes die Beobachtung c mit Fehlern behaftet. — Die Dämpfung bei den Schwingungen war so gering, dass die deshalb anzubringende Correctur der Schwingungsdauer nur die dritte Decimalstelle beeinflusste, daher unberücksichtigt bleiben konnte.

In der folgenden Tabelle bezeichnet l die Länge, d den Durchmesser des Drahtes, beides in Millimetern, t_a die Temperatur bei der Beobachtung a, p die Belastung in Kilogrammen, welche auf den Messingteller aufgesetzt wurde, T_a, T_b, T_c die Schwingungsdauern bei den Beobachtungen a, b, c, ferner E_a, E_b, E_c die Elasticitätscoëfficienten, also die reciproken Werthe der Quadrate der Schwingungsdauern, wobei der bequemeren Schreibweise halber $k = 10^6$ gesetzt ist; weiters bezeichnet Δ_{cb} die Differenz $E_c - E_b$ und Δ_o diese Differenz ausgedrückt in Procenten der gesammten Verminderung des Elasticitätscoëfficienten von der Zimmertemperatur bis zur Temperatur von 55·5° ohne Strom; also $\Delta_o = \frac{100(E_c - E_b)}{E_a - E_c}$. Δ_{cb} und Δ_o sind positiv, wenn die Abnahme des Elasticitätscoëfficienten zufolge des Stromes grösser ist, als durch die Wärme allein.

Die in der ersten Rubrik beigesetzten römischen Ziffern deuten die Reihenfolge der Beobachtung an.

Metall	l	d	t	p	T_a	T_b	T_c	E_a	E_b	E_c	Δ_{cb}	Δ_o
Messing, hart I	534	0·540	19·5	2	11·901	12·017	12·017	7060	6933	6925	— 8	— 5·9
Messing, hart (Cithersaite) II ...	533	0·511	19·0	2	12·506	12·591	12·591	6394	6297	6308	+11	+12·8
Kupfer, hart IV	532	0·404	20·0	1	10·289	10·411	10·411	9446	9226	9226	0	0
Silber, hart (16löthig) III	538	0·391	21·0	2	11·969	12·102	12·102	6981	6822	6828	+ 6	+ 3·9
Eisen, weich VI	531	0·437	20·0	2	13.820	13·904	13·904	5236	5170	5174	+ 2	+ 3·1
Stahl, hart (Cithersaite) V	531	0·368	19·0	1	12·238	12·336	12·336	6677	6584	6571	—13	—12·2
											Summe ..	+ 1·7
											Mittel ...	+ 0·3

Die Zahlen ein und derselben Verticalreihe können nicht miteinander verglichen werden, da jede Zahl nach einem anderen Masse gemessen ist. Mit einigem Rechte können aber die Zahlen der Rubrik Δ_o verglichen werden, da sie die Differenz zwischen den Beobachtungen *b* und *c* auf die Differenz

$$E_a - E_c = 100$$

zurückgeführt enthalten. Addirt man diese Differenzen und nimmt das Mittel, so erhält man eine Abweichung nach der positiven Seite von 0·3%. Dass der Mittelwerth so nahe mit der 0 zusammenfällt, ist wohl dem Zufalle zuzuschreiben, da die Hinweglassung des Drahtes II oder V schon einen Mittelwerth von 1—2 ganzen Procenten geben würde, doch wäre man auch bei einer Differenz von 2% berechtigt, eine Änderung des Elasticitätscoëfficienten durch den galvanischen Strom als nicht erwiesen zu betrachten und zu behaupten, dass eine Änderung, wie sie Wertheim gefunden, nicht existirt.

Die Untersuchungen Wertheim's leiden an dem grossen Fehler, dass die Beobachtungen *b* und *c* nicht an demselben Drahte gemacht wurden; was für Fehler hiedurch entstehen können, wird aus dem Folgenden ersichtlich werden.

Es haben Kohlrausch und Loomis in der schon einmal erwähnten Abhandlung folgende Formeln für drei von denselben untersuchte Metalle gefunden, wobei E_o den Elasticitätscoëfficienten bei $o°$ und E denselben bei $\tau°$ bedeutet

Eisen . . . . . $E = E_o(1 - 0{\cdot}000447\tau - 0{\cdot}00000012\tau^2)$
Kupfer . . . . . $E = E_o(1 - 0{\cdot}000520\tau - 0{\cdot}00000028\tau^2)$
Messing . . . . $E = E_o(1 - 0{\cdot}000428\tau - 0{\cdot}00000136\tau^2)$

Man sieht, dass man, ohne einen grossen Fehler zu begehen, die Function, nach welcher der Elasticitätscoëfficient mit der Wärme abnimmt, insbesondere bei den ersten zwei Metallen als linear voraussetzen kann. Setzt man also $E = E_o(1 - \alpha\tau)$, so erhalte ich aus meinen Beobachtungen für α folgende Werthe:

Messing, hart I . . . . $\alpha = 0{\cdot}000525$
Messing, hart II . . . . $\alpha = 0{\cdot}000367$
Kupfer, hart IV . . . . $\alpha = 0{\cdot}000656$

Silber, hart III . . . $\alpha = 0{\cdot}000635$
Eisen, weich VI . . . . $\alpha = 0{\cdot}000332$
Stahl, federhart V . . . $\alpha = 0{\cdot}000436$

Aus dem Vergleich zwischen den von mir und den von Kohlrausch und Loomis für α gefundenen Werthen geht hervor, dass zwischen den einzelnen Metallen kein wesentlicher Unterschied besteht; wollte ich jedoch z. B. für Eisen anstatt die Abnahme des Elasticitätscoëfficienten durch die Wärme selbst zu bestimmen, wie ich es durch die Beobachtung c gethan habe, dieselbe aus der Kohlrausch'schen Formel rechnen, so würde ich erhalten

$$E_c = 5152,\ \Delta_{ac} = 84,\ \Delta_{cb} = -18,\ \Delta_o = -21{\cdot}4\%,$$

eine Differenz, wie sie nicht annähernd in meinen Beobachtungen vorkommt.

Ebenso würde man Differenzen von -16% und $+36\%$ erhalten, wenn man beim Messingdrath I den Werth E_c aus dem α des Drathes II, und beim Messingdrath II hingegen denselben aus dem α des Drahtes I rechnen wollte.

Diese Beispiele zeigen deutlich, wie es unbedingt nothwendig ist, die Messungen a, b, c an ein und demselben Drahte vorzunehmen. Ausserdem scheinen mir die Beobachtungen Wertheim's über die Abhängigkeit des Elasticitätscoëfficienten von der Wärme an und für sich nicht richtig zu sein, indem Wertheim für Silber die Abnahme so klein findet, dass er dieselbe vernachlässigen zu können glaubte. Nach meinen Beobachtungen ist dieselbe von der des Kupfers nicht viel verschieden; schade dass Kohlrausch keinen Silberdraht untersucht hat. Ich glaube dieses abnorme Resultat Wertheim's einem Fehler zuschreiben zu können, der von der elastischen Nachwirkung herrührt, welche beim Silber ganz besonders gross, ja so gross ist, dass ich bei den Messungen der Längenausdehnung den Silberdraht gar nicht verwenden konnte. Auch Kohlrausch hat seine Untersuchungen über die elastische Nachwirkung an einem Silberdraht angestellt.

Ich muss mich daher der Angabe Edlund's anschliessen, nach welcher der galvanische Strom keine bis jetzt messbare

Änderung des Elasticitätscoëfficienten bewirkt; jedenfalls kann ich mit allem Recht bei der Messung der Verlängerung des Drahtes von einer solchen Änderung in Folge des Stromes allein ganz absehen.

Um diese Untersuchungen hier ganz abzuschliessen, muss ich die Resultate des nächsten Abschnittes anticipiren. Dieselben weisen eine Verlängerung des Drahtes durch den galvanischen Strom nach und es könnte demnach scheinen, dass die eben gefundenen Resultate noch einer Correctur bedürfen. Ich habe diese Correctur für einen Draht gerechnet unter der Voraussetzung, dass der Draht nur eine Verlängerung, aber weder eine Quercontraction, wie in Folge eines spannenden Gewichtes, noch eine seitliche Ausdehnung, wie in Folge der Erwärmung, erfährt. Die sich nach dieser Annahme ergebende Correctur beeinflusst nur die vierte Decimalstelle der Schwingungsdauer, welche in der Tabelle gar nicht mehr angegeben ist.

6. Zur Bestimmung der Verlängerung, welche der Draht einmal durch den Strom, das anderemal durch die Wärme allein erfährt, diente der Apparat Fig. 2.

In einem massiven Holzklotz, der an den Beobachtungstisch festgeklemmt wurde, war ein 1 Meter langes dickwandiges Glasrohr *A*, welches die beiden Messingarme *B* trug, vertical eingekittet; die Arme konnten beliebig auf- und abgeschoben und durch zwei Schrauben in jeder Lage festgeklemmt werden. Jeder der beiden Arme trug einen Schlitten, der auch mittelst einer Schraube *C* an jeder Stelle des Armes festgeklemmt werden konnte. Zu beiden Seiten wurde dieser Schlitten von einem Messingbügel mittelst zweier Stahlspitzen, welche in zwei Stahlpfannen eingriffen, so gefasst, dass der Bügel in einer Verticalebene, parallel zum Arm, ohne Anwendung einer merklichen Kraft bewegt werden konnte. Dieser Bügel diente dazu, um erstlich einen in der gleichen Ebene beweglichen, mit dem Bügel starr verbundenen Fühlhebel *D* und dann einen in der Verlängerung der Drehaxe normal zum Fühlhebel stehenden Spiegel *F* zu tragen. Der obere der beiden Hebel trug eine nach abwärts gerichtete Stahlspitze *G*, der untere eine nach aufwärts gerichtete *G'*. In der Zeichnung ist angedeutet, wie mittelst dieser beiden Fühlhebel eine kleine Verlängerung eines Stabes *GG'*

gemessen werden kann. Der obere Fühlhebel hatte nämlich sein Übergewicht auf der rechten Seite der Figur, so dass die Spitze leise an die obere Endfläche des Stabes angedrückt wurde, der untere Fühlhebel hatte sein Übergewicht auf der linken Seite, so dass die Spitze ebenfalls an die Endfläche angedrückt wurde.

Dehnt sich nun der Stab aus, etwa so, dass die Mitte desselben an ihrer Stelle bleibt, so drehen sich die beiden Spiegel um gewisse Winkel, und mittelst zweier Fernröhre, welche verticale Scalen trugen, konnte die Drehung der Spiegel abgelesen werden. Ist für jeden Fühlhebel 1. die Entfernung der Stahlspitze von der Drehaxe, 2. die doppelte Entfernung des Spiegels von der Scala, 3. die Ablesung an der Scala bekannt, so kann aus diesen drei Grössen die absolute Verschiebung der Endflächen des Stabes gerechnet werden. Dieselbe wurde positiv gezählt für die obere Endfläche, wenn sie nach aufwärts gerichtet, und für die untere Endfläche, wenn sie nach abwärts gerichtet war.

Rückte z. B. der ganze Stab, ohne sich zu verlängern, nach aufwärts, so gibt die algebraische Summe beider Ablesungen die Verlängerung 0. Hiebei ist vorausgesetzt, dass sich die beiden Endflächen in verticaler Richtung parallel zu sich selbst bewegen. Bei einem frei aufgehängten Drahte, der an beiden Enden kleine Platten trägt, ist ersteres stets der Fall, letzteres nicht immer, doch ist der hiedurch entstehende Fehler, wenn die Platten möglichst horizontal stehen und die Stahlspitzen immer möglichst die gleiche Stelle treffen, unmerklich.

Die Entfernung der Stahlspitzen von der Drehaxe wurde dadurch bestimmt, dass die Spitze durch ein Sphärometer um ein bestimmtes Stück gehoben und aus der Ablesung an der Scala und dem Abstande derselben von dem Spiegel, jene Länge des Hebelarmes gerechnet wurde. Sie betrug beim oberen Arm 4·975 Cm., beim unteren 4·917 Cm.

Die Entfernung der Spiegel von ihren Scalen wurde bei jeder Beobachtung neu gemessen und betrug stets bei 3 Mtr.

Aus diesen Angaben findet sich leicht, dass einem Millimeter der Scalentheilung eine absolute Verlängerung des Drahtes von 0·008 Mm. entspricht, und da die Zehntel der Millimeter noch

mit ziemlicher Sicherheit geschätzt werden konnten, sodann die Tausendstel der Millimeter nicht mehr als um eine Einheit falsch sein werden.

In einem bestimmten Falle dehnte sich ein Kupferdraht bei einer Temperatur-Differenz von 39° um 0·343 Mm. aus, daher einem Grade eine Ausdehnung von 0·009 Mm. entspricht; ist daher die Ablesung höchstens um 0·001 Mm. falsch, so kommt dieser Fehler gleich einem Fehler in der Temperatur des Drahtes von 0·1° C.

Bei dieser grossen Genauigkeit der Ablesung zeigte sich bald, dass an dem Apparate Fig. 1 ausser den Veränderungen, welche zu diesen Messungen nöthig waren, auch noch verschiedene Verbesserungen angebracht werden mussten. Als Länge, welche mit dem Spiegelapparat gemessen werden sollte, wurde der Abstand von dem Messingkopfe *A* bis zur Messingscheibe, welche die Gewichte trug, genommen. Es wurde dieser Kopf vor allem so weit abgenommen, dass nur ein kleiner Rand übrig blieb, welcher denselben vor dem Durchfallen bewahrte. An der unteren Scheibe wurde die Stahlspitze in der Mitte abgenommen, seitlich an dem Teller aufgesetzt und die Verbindung wie früher durch die mit Quecksilber gefüllte Schale wieder hergestellt. An der Stelle, wo früher die Stahlspitze gesessen, wurde jetzt eine Stahlplatte befestigt, und an diese die Spitze des unteren Fühlhebels angesetzt.

Damit nicht die Glassäule des Spiegelapparates durch Strahlung vom Erwärmungsapparate einseitig erwärmt wurde, wurde dieselbe mit Wasser gefüllt und zwischen den beiden Apparaten ein Schirm aus Pappe aufgestellt. Das in die Röhre gefüllte Wasser erleichterte auch die Temperaturbestimmung derselben.

Es könnten auch Zweifel auftauchen, ob durch den Erwärmungsapparat nicht die ganz in der Nähe befindlichen Fühlhebel aus Messing erwärmt und die Messungen deshalb unrichtig würden. Die Rechnung zeigt aber, dass die Ausdehnung für einen Grad einen Fehler von 0·00001 Mm. nach sich ziehen würde, daher eine Erwärmung von selbst 10° noch vollständig unmerklich bleiben würde.

Um während des Erstarrens des Stearins durch lange Zeit eine constante Temperatur zu haben, wurden die beiden Messing-

stangen, in welche früher der Draht eingelöthet war, entfernt und oben ein etwa 2 Mm. dicker und 4 Cm. langer Eisendraht in den Messingkopf eingesetzt, und an diesen der Draht angelöthet. In Folge der schlechteren Wärmeleitung des Eisens und insbesondere in Folge des kleinen Durchmessers war die weggeleitete Wärme sehr gering; auch fiel wegen des kleinen Ausdehnungscoëfficienten des Eisens die hiedurch verursachte Correctur der Beobachtung sehr klein aus. Am unteren Ende der Erwärmungsröhre wurde die Öffnung so weit durch einen eingeschobenen Korkring verkleinert, dass der Stab, welcher die Verbindung zwischen dem Draht und dem Messingteller herzustellen hatte, eben ohne Reibung durchgeschoben werden konnte. Damit dieser Stab, der zum grössten Theile sich ausserhalb der erwärmten Röhre befand, nicht Wärme aus dem Apparate wegleite und auch die Grenze zwischen seinem erwärmten und nicht erwärmten Theile eine gut bestimmbare wurde, gab ich ihm folgende Gestalt. In eine starke Glasröhre von etwa 5 Mm. Durchmesser und 12 Cm. Länge wurden zwei Stücke jenes obenerwähnten 2 Mm. dicken Eisendrahtes so eingeschmolzen, dass zu beiden Seiten nur 1·5—2 Cm. Eisendraht herausragten, innen aber die Drähte sich berührten. Um die Berührung recht innig zu machen und auch einer Ausdehnung keinen Widerstand entgegenzusetzen, wurden sie an den einander zugewandten Enden dünn gefeilt und übereinander geschoben.

Eisendrähte lassen sich vollkommen fest wie Platindrähte in Glas einschmelzen; diese Verbindung hält auch, da sie am Löthrohre hergestellt wird, bei jeder nicht rapiden Temperaturschwankung. Die Eisendrähte leiteten also den Strom und waren dick genug, um nicht wesentlich erwärmt zu werden, und das Glas, welches die mechanische Verbindung herstellte, verhinderte die Wegleitung der Wärme und gestattete eine genaue Abgrenzung des erwärmten und nicht erwärmten Theiles. Die beiden von oben und unten in den Erwärmungsapparat hineinragenden Eisenstücke hatten also zusammen eine Länge von 6 Cm., der Theil des Glasrohres, welcher ebenfalls erwärmt wurde, hatte eine Länge von 2—3 Cm.

Nimmt man an, dass der Messingkopf *A* ebenfalls eine Temperatur von 55·5° besitzt, was zwar jedenfalls unrichtig ist,

so macht die Verlängerung, welche alle Eisen-, Glas- und Messingtheile zusammen erfahren und welche von der gesammten Verlängerung abzuziehen ist, 0·026 Mm. aus; will man aber annehmen, dass der Messingkopf eine Mitteltemperatur zwischen der des erwärmten Raumes und der des Zimmers besitze, was jedenfalls richtiger ist, so würde diese Correctur nur 0·022—0·024 Mm. ausmachen.

Da jedoch bei den Messungen Differenzen erhalten werden, gegenüber welchen diese oder jene Annahme gleichgiltig ist, so zog ich es vor, um jede Willkür in der Annahme einer solchen Mitteltemperatur auszuschliessen, als Correctur bei allen Messungen die Grösse $\nu = 0{\cdot}026$ Mm. anzubringen.

Endlich umwickelte ich die beiden Messingfassungen der Glasröhre noch mit Tuchlappen, um die Abkühlung zu vermindern.

Zufolge dieser verschiedenen Verbesserungen trat in dem innersten Raume beim Übergange des Stearins aus dem dickflüssigen in den festen Zustand eine so constante Temperatur ein, dass die Länge des Drahtes während $^1/_2$—$^3/_4$ Stunde sich kaum um 2—3 Tausendstel der Millimeter veränderte; öfters blieb sie durch $^1/_4$ Stunde vollständig unverändert.

Ich bestimmte die Temperatur dieses innersten Raumes durch das Thermometer und fand, dass dieselbe in allen Höhen gleich, und 52°9, also um 0°5 tiefer als die früher zu 53°4 gefundene Erstarrungstemperatur des Stearins war.

Da nun der Stearinüberzug, wie durch ein Experiment nachgewiesen wurde, bei einer Temperatur von 55°5 abschmilzt, die Ablesung bei der Beobachtung *b* daher bei einer höheren Temperatur vorgenommen wird als bei der Beobachtung *c*, so muss letztere noch mit einer Correctur μ versehen werden, welche gegeben ist durch

$$\mu = \delta . \frac{53{\cdot}5—52{\cdot}9}{52{\cdot}9—t_a} = \delta . \frac{2{\cdot}6}{52{\cdot}9—t_a},$$

wobei δ die gemessene Verlängerung des Drahtes, des Messingkopfes, und der Eisen- und Glastheile ist. Die Correctur ν wurde deshalb für die Temperatur-Differenz $55{\cdot}5—t_a$ gerechnet.

Es lässt sich diesmal auch das Maximum der Fehler bestimmen, welche einer Beobachtung anhaften können.

Bei der Beobachtung *b* wurde durch den Rheostat die Stromstärke, sobald der Draht schon nahezu die Temperatur des schmelzenden Stearins erreicht hatte, so allmälig erhöht, dass während der Erhöhung um 1° C. beiläufig eine Minute verging; in dem Momente, als das Stearin zu schmelzen begann, wurden die Scalen abgelesen. Der Rheostat wurde dann wieder aufgedreht und die Messung auf diese Art mehrmals wiederholt. Die einzelnen Messungen gaben, selbst wenn sie an verschiedenen Tagen gemacht wurden, nie eine grössere Differenz als 0·010 Mm., was beiläufig bei Kupfer 1° C. ausmacht.

Da dieser Fehler von 1° C. sich aber aus den Fehlern bei zwei Beobachtungen zusammensetzt, so entfällt auf eine Beobachtung immer nur ein Fehler von 0°5 C. und dabei sind auch die Ablesungsfehler schon miteingerechnet. Das Maximum der Fehler bei der Beobachtung *b*, ist daher 0·005 Mm. Bei der Beobachtung *c* konnte die Temperatur im innersten Raume höchstens um 0°5 C. falsch bestimmt sein, was einem Fehler in der Länge von 0·005 entspricht, ferner kann der Correctur ν bis auf 0·006 Mm. zu hoch genommen sein, keinesfalls aber zu nieder, die Correctur μ muss als absolut richtig genommen werden, indem ein Fehler in der Temperaturbestimmung des innersten Raumes schon oben eingerechnet ist; hiezu kommen wieder die Fehler in den Ablesungen, also zusammen ein Maximum der Fehler von 0·013 Mm.

Liegen die Fehler bei der Beobachtung *b* wirklich sämmtlich nach der einen Seite und zugleich die der Beobachtung *c* sämmtlich nach der anderen Seite, so würde hiedurch ein Unterschied entstehen von 0·018 Mm., ein Fall, der jedoch in der Wirklichkeit nicht eintreten wird. Die Wiederholung der Beobachtung beim Kupferdraht, bei welcher ausserdem das zweitemal zur Beobachtung *b* ein anderes Drahtstück, jedoch vom gleichem Zug, mit Stearin überzogen wurde, zeigt auch wirklich wie bei den Messungen *b* und *c* die Fehler nach entgegengesetzter Seite liegen, so dass sie sich addiren, und dennoch ist die Differenz der beiden Beobachtungen nur 0·012 Mm.

Im Folgenden sind nicht die Ablesungen an den Scalen, sondern gleich die daraus berechneten Verlängerungen gegeben.

Unter α ist die Verlängerung verstanden, welche am unteren Spiegel abgelesen wurde, und zwar positiv oder negativ, je nachdem die Drehung des Spiegels auf eine Senkung der Spitze oder auf eine Hebung hindeutet; unter β ist die Ablesung am oberen Spiegel verstanden, und zwar positiv oder negativ, je nachdem die Drehung des Spiegels auf eine Hebung oder Senkung der Spitze hindeutete. Die Werthe α und β zusammen geben die gesammte Verlängerung.

Die Beobachtung *a* wurde dreimal gemacht, zu Anfang, zwischen *b* und *c*, und zu Ende, die drei Beobachtungen auf ein und dieselbe Zimmertemperatur t_a reducirt, und dann zur Berechnung von *b* und *c* das Mittel aus den beiden anliegenden Beobachtungen *a* genommen. Die Reduction auf eine gleiche Temperatur t_a war nur in wenigen Fällen nothwendig.

Bei der Beobachtung *b* stimmten diese anliegenden Ablesungen *a* bis auf die Fehler in der Ablesung vollständig überein, da dauernde Veränderungen dadurch ausgeschlossen waren, dass zu Beginn der Beobachtungen ein stärkerer Strom durch den Draht geleitet wurde, als er später in Anwendung kam.

Bei der Beobachtung *c* konnte jedoch die zweite Ablesung *a* erst den folgenden Tag vorgenommen werden, da der Apparat zur vollständigen Abkühlung so lange brauchte, und da zeigte sich bei Messing, Kupfer und Platin, dass eine kleine elastische Nachwirkung entstanden war; sie betrug bei diesen Metallen und bei den hiebei angehängten Gewichten bis zu 0·012 Mm. Bei einem Silberdraht betrug jedoch die elastische Nachwirkung in den ersten zwei Stunden schon 0·026 Mm., und innerhalb 24 Stunden war dieselbe auf nahezu 0·100 Mm. gewachsen, so dass ich die Beobachtungen mit dem Silberdrahte ganz aufgeben musste. Stahl und Eisen, hart und weich, zeigten keine durch meine Messungen wahrnehmbare Nachwirkung.

Bei erheblichen Schwankungen der Zimmertemperatur habe ich endlich auch die Ausdehnung der Glassäule des Spiegelapparates in Rechnung gezogen.

Wie man aus den nachfolgenden Angaben sieht, ist fast die gesammte Verlängerung bei der Beobachtung *b* am unteren Spiegel (α) abgelesen; bei der Beobachtung *c* hingegen dehnte sich auch das System der drei Röhren aus, und da der Draht in

deren oberem Ende aufgehängt war, so gab der obere Spiegel die Ausdehnung des Glases, der untere die Differenz zwischen der des Glases und der des Drahtes. Das Gesagte ist jedoch nur in rohen Umrissen giltig, da die äusserste Röhre weniger warm war und der abhebbare Messingdeckel bald von der einen, bald von der anderen Röhre mehr gefasst wurde. Die Summe $\alpha+\beta$ gibt jedoch immer die Verlängerung der zwischen den Spitzen der Fühlhebel befindlichen Theile allein.

Da die Resultate später noch in einer Tabelle zusammengefasst sind, so wurden dort die Dimensionen der Drähte und die spannenden Gewichte angegeben.

I. Messing (Zithersaitendraht).

(*b*)		(*c*)	
$\alpha =$	$+0.419$	$\alpha =$	$+0\cdot215$
$\beta =$	$0\cdot000$	$\beta =$	$+0\cdot151$
$\Delta_{ba} =$	$0\cdot419$	$\mu =$	$+0\cdot026$
		$\nu =$	$-0\cdot026$
		$\Delta_{ca} =$	$0\cdot366$

$\Delta_{bc} = +0\cdot053 \quad \Delta_o = +14\cdot5\%$.

II (1). Kupfer, hart gezogen.

(*b*)		(*c*)	
$\alpha =$	$+0\cdot402$	$\alpha =$	$+0\cdot125$
$\beta =$	$-0\cdot006$	$\beta =$	$+0\cdot220$
$\Delta_{ba} =$	$0\cdot396$	$\mu =$	$+0\cdot024$
		$\nu =$	$+0\cdot026$
		$\Delta_{ca} =$	$0\cdot343$

$\Delta_{bc} = +0\cdot053 \quad \Delta_o = 15\cdot4\%$.

II (2). Kupfer, hart gezogen (Wiederholung mit anderem Probedraht).

(*b*)		(*c*)	
$\alpha =$	$+0\cdot403$	$\alpha =$	$+0\cdot108$
$\beta =$	$0\cdot000$	$\beta =$	$+0\cdot231$
$\Delta_{ba} =$	$0\cdot403$	$\mu =$	$+0\cdot025$
		$\nu =$	$-0\cdot026$
		$\Delta_{ca} =$	$0\cdot338$

$\Delta_{bc} = +0\cdot065 \quad \Delta_o = +19\cdot2\%$.

III. Eisendraht, ausgeglüht.

(*b*) $\alpha = +0{\cdot}291$, $\beta = -0{\cdot}001$, $\Delta_{ba} = 0{\cdot}290$

(*c*) $\alpha = +0{\cdot}067$, $\beta = +0{\cdot}168$, $\mu = +0{\cdot}018$, $\nu = -0{\cdot}026$, $\Delta_{ca} = 0{\cdot}227$

$\Delta_{bc} = +0{\cdot}063$ $\Delta_o = +27{\cdot}3\%$.

IV. Stahldraht hart (Zithersaitendraht).

(*b*) $\alpha = +0{\cdot}242$, $\beta = 0{\cdot}000$, $\Delta_{ba} = 0{\cdot}242$

(*c*) $\alpha = +0{\cdot}065$, $\beta = +0{\cdot}187$, $\mu = +0{\cdot}018$, $\nu = -0{\cdot}026$, $\Delta_{ca} = 0{\cdot}244$

$\Delta_{bc} = -0{\cdot}002$ $\Delta_o = -0{\cdot}8\%$.

V. Kupferdraht, ausgeglüht. (Dieselben Stücke wie II 1).

(*b*) $\alpha = +0{\cdot}386$, $\beta = -0{\cdot}002$, $\Delta_{ba} = 0{\cdot}384$

(*c*) $\alpha = +0{\cdot}222$, $\beta = +0{\cdot}125$, $\mu = +0{\cdot}024$, $\nu = -0{\cdot}026$, $\Delta_{ca} = 0{\cdot}345$

$\Delta_{bc} = +0{\cdot}039$ $\Delta_o = +11{\cdot}2\%$.

VI. Eisendraht, ausgeglüht.

(*b*) $\alpha = +0{\cdot}257$, $\beta = +0{\cdot}027$, $\Delta_{ba} = 0{\cdot}284$

(*c*) $\alpha = +0{\cdot}070$, $\beta = +0{\cdot}180$, $\mu = +0{\cdot}017$, $\nu = -0{\cdot}026$, $\Delta_{ca} = 0{\cdot}241$

$\Delta_{bc} = +0{\cdot}043$ $\Delta_o = +17{\cdot}8\%$.

VII. Stahldraht, hart (Müller'sche Claviersaite).

(*b*) $\alpha = +0{\cdot}250$, $\beta = -0{\cdot}006$, $\Delta_{ba} = 0{\cdot}244$

(*c*) $\alpha = +0{\cdot}037$, $\beta = +0{\cdot}209$, $\mu = +0{\cdot}017$, $\nu = -0{\cdot}026$, $\Delta_{ca} = 0{\cdot}235$

$\Delta_{bc} = +0{\cdot}009$ $\Delta_o = +3{\cdot}8\%$.

VIII. Stahldraht, derselbe ausgeglüht.

(*b*)		(*c*)	
	$\alpha = +0\cdot293$		$\alpha = +0\cdot032$
	$\beta = -0\cdot010$		$\beta = +0\cdot210$
			$\mu = +0\cdot017$
			$\nu = -0\cdot026$
$\Delta_{ba} =$	$0\cdot283$	$\Delta_{ca} =$	$+0\cdot233$

$\Delta_{bc} = +0\cdot050 \quad \Delta_o = +21\cdot5\%$.

IX. Stahldraht, hart (Müller'sche Claviersaite).

(*b*)		(*c*)
	$\alpha = +0\cdot236$	Da das abnorme Resultat,
	$\beta = +0\cdot005$	welches die harten Stahl-
	$0\cdot242$	drähte liefern, an der Be-

obachtung *b* haftet, so unterliess ich es, bei diesem Drahte die Beobachtung *c*, welche bei Eisen und Stahl so ziemlich die gleichen Werthe liefert und welche fast einen halben Tag für sich beanspruchte, nochmals zu wiederholen, und nahm zur Berechnung für *c* die Werthe der Beobachtung VII, welche auch einen harten Müller'schen Claviersaitendraht behandelt.

Man erhält dann

$$\Delta_{bc} = +0\cdot007 \quad \Delta_o = +2\cdot9\%.$$

X. Platindraht, hart.

(*b*)		(*c*)	
	$\alpha = +0\cdot185$		$\alpha = +0\cdot043$
	$\beta = +0\cdot007$		$\beta = +0\cdot124$
			$\mu = +0\cdot012$
			$\nu = -0\cdot026$
$\Delta_{ba} =$	$0\cdot192$	$\Delta_{ca} =$	$0\cdot153$

$\Delta_{bc} = +0\cdot039 \quad \Delta_o = +25\cdot5\%$.

XI. (1) Eisendrath, hart.

(*b*)		(*c*)	
	$\alpha = +0\cdot283$		$\alpha = -0\cdot034$
	$\beta = +0\cdot005$		$\beta = +0\cdot298$
			$\mu = +0\cdot018$
			$\nu = -0\cdot026$
$\Delta_{ba} =$	$0\cdot288$	$\Delta_{ca} =$	$0\cdot256$

$\Delta_{bc} = +0\cdot032 \quad \Delta_o = +12\cdot5\%$.

XI. (2) Eisendraht, hart (Wiederholung).

(*b*)	$\alpha = +0{\cdot}267$	(*c*)	$\alpha = -0{\cdot}038$
	$\beta = +0{\cdot}024$		$\beta = +0{\cdot}301$
	$\Delta_{ba} = 0{\cdot}291$		$\mu = +0{\cdot}018$
			$\nu = -0{\cdot}026$
			$\Delta_{ca} = 0{\cdot}255$

$\Delta_{bc} = +0{\cdot}036 \quad \Delta_o = +14{\cdot}1\%$.

Die Beobachtungen wurden hier in ausführlicher Weise wiedergegeben, um einen besseren Einblick in die Genauigkeit derselben zu gewähren.

So bemerkt man, dass bei Draht XI die beiden Beobachtungen (1) und (2) besonders gut übereinstimmen, obgleich die Ablesungen an den einzelnenen Spiegeln nicht stimmen. Um aber die Resultate übersichtlich zu machen, sind sie in der folgenden Tabelle nochmals zusammengestellt. In derselben ist die Länge *l* und die Dicke *d* in Millimetern, die Belastung, welche auf das Messingteller aufgesetzt wurde, in Kilogrammen angegeben.

Die Zimmertemperatur t_a für jede Beobachtung anzugeben, schien mir überflüssig, da sie sich ziemlich gleich blieb und von 17—18° nicht viel abwich.

Metalle	*l*	*d*	*p*	Δ_{ba}	Δ_{ca}	Δ_{bc}	Δ_o
Messing, hart I	535	0·511	2	0·419	0·366	+0·053	+14·5
Kupfer, hart II (1)	530	0·447	2	0·396	0·343	+0·053	+15·4
Kupfer, hart II (2)	530	0·447	2	0·403	0·338	+0·065	+19·2
Kupfer, weich V	532	0·447	2	0·384	0·345	+0·039	+11·2
Platin, hart X	532	0·728	1	0·192	0·153	+0·039	+25·5
Eisen, weich III	535	0·617	2	0·290	0·227	+0·063	+27·3
Eisen, weich VI	530	0 762	2	0·284	0·241	+0·043	+17·8
Eisen, hart XI (1)	536	0·758	2	0·288	0·256	+0·032	+12·5
Eisen, hart XI (2)	536	0·758	2	0·291	0·255	+0·036	+14·1
Stahl, weich VIII	535	0·763	2	0·283	0·233	+0·050	+21·5
Stahl, hart IV	538	0·331	2	0·242	0·244	−0·002	− 0·8
Stahl, hart VII	535	0·763	2	0·244	0·235	+0·009	+ 3·8
Stahl, hart IX	535	0·967	2	0·242	0·235	+0·007	+ 2·9

Wie man aus der Tabelle sieht, zeigt sich in entschiedener Weise eine Ausdehnung des Drahtes durch den galvanischen Strom für alle von mir untersuchten Metalle mit Ausnahme des harten Stahls, und zwar übersteigt die galvanische Ausdehnung

(Δ_{bc}) weitaus die Grenze der möglichen Fehler. Dieselbe ist auch bei allen Metallen von ziemlich der gleichen Grösse, weshalb die Grösse Δ_o, welche die galvanische Ausdehnung in Procenten der Ausdehnung durch die Wärme gibt, bei dem so verschiedenen Wärmeausdehnungs-Coëfficienten sehr verschieden ausfällt. Es ist Δ_o deshalb bei weichem Eisen und Platin am grössten und bei hartem Stahl nur deshalb so klein, weil der Stahl überhaupt keine merkliche galvanische Ausdehnung zeigt.

Bei allen Eisen- und Stahldrähten ist die Ausdehnung durch die Wärme, also die Grösse Δ_{ca} ziemlich dieselbe, Δ_{ba} ist hingegen bei Eisen viel grösser als bei hartem Stahl. Gerade wie weiches Eisen verhält sich auch weicher Stahl.

Ich untersuchte zuerst den Klaviersaitendraht III in dem Zustande, wie er aus der Fabrik kam, seine gesammte Ausdehnung durch den Strom war 0·244; ich glühte hierauf beide zur Beobachtung verwendeten Stücke gleichmässig aus, reinigte sie durch Schmiergelpapier und wiederholte mit denselben die Beobachtung (dieselbe ist mit VIII bezeichnet); die gesammte Ausdehnung beträgt jetzt 0·283 Mm.: der Draht war in die Reihe der weichen Eisendrähte getreten.

Ein harter Eisendraht, zweimal untersucht, zeigte eine etwas geringere Ausdehnung als die weichen Eisendrähte, doch liegt der Unterschied noch innerhalb der Fehlergrenze, weshalb ich darauf hin noch keine Behauptung aufstellen will.

Ich dachte, dass sich überhaupt zwischen harten und weichen Drähten ein Unterschied zeigen würde, und untersuchte einen Kupferdraht in hartem Zustande III (1), und darauf in weichem Zustande V, und erhielt beim weichen Kupfer eine kleinere galvanische Ausdehnung als beim harten, doch liegen auch hier die Differenzen innerhalb der möglichen Fehler, auch kann eine solche kleine Differenz von der verschiedenen Stromstärke herrühren, welche in Folge des geänderten Leitungswiderstandes zur Anwendung kam.

Aus der Verschiedenheit der Werthe von Δ_o muss man schliessen, dass die galvanische Ausdehnung mit dem Wärmeausdehnungsvermögen in keinem Zusammenhange steht; trotzdem zeigt sich zwischen beiden Ausdehnungsarten darin eine Ähnlichkeit, dass die galvanische Ausdehnung nicht plötzlich

mit dem Schliessen des Stromes auftritt, auch nicht plötzlich bei der Unterbrechung verschwindet, sondern etwa nach demselben Gesetze wie die Ausdehnung durch die Wärme auftritt und verschwindet: ein Resultat, welches auch Edlund schon gefunden hatte.

Die galvanische Ausdehnung hängt aber auch nicht von dem Elasticitätscoëfficienten des Metalles ab, da harter und weicher Stahl, welche wenig verschiedene Elasticitätscoëfficienten besitzen, in der galvanischen Ausdehnung so contrastiren.

Die galvanische Ausdehnung kann daher nicht die Folge einer elektrodynamischen Abstossung der einzelnen Theile des Leitungdrahtes sein.

Auch hängt dieselbe nicht mit jener Eigenschaft der Metalle zusammen, welche die elastische Nachwirkung bedingt und welche, wie mir dünkt, auch theilweise mit der absoluten Festigkeit zusammenhängt; denn in diesem Falle müsste Platin, welches eine bedeutende elastische Nachwirkung zeigte, auch eine grössere galvanische Ausdehnung zeigen.

(Bei meinen Versuchen war die Nachwirkung des Platins nur deshalb nicht grösser als die des Kupfers, weil ich den Platindraht besonders dick und nur ·1 Kilogramm Belastung genommen hatte; auch setzte ich denselben vor dem Beginne der Beobachtung durch 24 Stunden der Wirkung dieses Gewichtes aus.)

Nebenbei möchte ich hier einschalten, dass die Determination eines Metalles durch seine Merkmale, sowie die Terminologie dieser letzteren noch wenig ausgebildet ist; so existirt für die Eigenschaft der elastischen Nachwirkung noch kein Name, man müsste sie denn etwa die Zähigkeit nennen. Unter „weich" wird bald ein Draht verstanden, der sich leicht ziehen lässt, wie Silber gegenüber Eisen, und doch gehört die Erscheinung der leichten Dehnbarkeit dem Gebiete der elastischen Nachwirkung an; weich nennt man ferner einen ausgeglühten Draht, hart nennt man ihn wie er das Zugeisen verlässt. Diese letztgenannte Verschiedenheit in der Beschaffenheit der Drähte hängt auch mit der Elasticitätsgrenze zusammen.

Wieder etwas Anderes ist die mineralogische Härte der Metalle.

Wie wenig man sich bisher um diese Eigenschaften der Metalle gekümmert, zeigt auch der Umstand, dass man nur ausnahmsweise in den Tabellen über Leitungswiderstand Wärmeleitungsvermögen, Elasticitätscoëfficienten etc., angegeben findet, ob das betreffende Metall ausgeglüht, oder frisch gehämmert oder gewalzen war.

Wenn man dem Stahl, nach dieser oberflächlichen Darstellung der Eigenschaften der Metalle, die ihm thatsächlich zukommende exceptionelle Stellung anweisen will, so wird man ihn in seiner Federhärte vielleicht durch eine besonders weite Elasticitätsgrenze, und in seiner Federhärte durch den hohen mineralogischen Härtegrad charakterisiren können.

Die von mir untersuchten Drähte waren federhart, und bei dieser Härte besitzen die Molecüle desselben eine grosse Stabilität. Von dieser Stabilität rührt auch das grosse magnetische Residuum und der Widerstand gegen die Magnetisirung her, und ich glaube daher aus dem Umstande, dass der federharte Stahl (auch die Magnete werden aus federhartem Stahl erzeugt) keine merkliche galvanische Ausdehnung zeigt, schliessen zu können, dass diese Ausdehnung durch eine Drehung der Molekülе verursacht ist, welche Ansicht auch Villari zufolge seiner Untersuchungen ausgesprochen hat.

Man muss annehmen, dass, sowie der Draht sich erwärmt, die durch den Strom zugeführte Wärmebewegung in einer von der Richtung des Stromes bedingten Richtung stattfindet; man kann dann vom Stahl annehmen, dass der Strom nicht im Stande sei, die Molekülе desselben in eine solche bestimmte Richtung zu bringen, oder auch, dass durch den vor Beginn der Messungen durch den Draht gesandten Strom die Molekülе, respective die Schwingungsrichtung derselben, in eine bestimmte Richtung gebracht worden seien und dass in Folge der Stabilität der Molekülе auch die nach Abkühlung des Drahtes noch vorhandene Wärmebewegung jene Schwingungsrichtung beibehalten habe, der Draht demnach eine permanente Ausdehnung erlitten habe.

Es ist möglich, dass auch die anderen Drähte eine gewisse permanente Verlängerung erleiden, welche durch meine Beob-

achtungen nicht gefunden werden kann, dass beim Stahl aber die ganze Verlängerung permanent ist.

Der Vergleich meiner Resultate mit denen Edlund's weist demnach durchweg eine qualitative Übereinstimmung auf.

Der Grösse nach sind aber meine Resultate von denen Edlund's verschieden, und ich glaube hiebei mit Recht meinen Resultaten mehr Gewicht beilegen zu können, als denen Edlund's, indem ich die Wärme direct zur Messung der Temperatur verwendet habe, die Methode Edlund's hingegen die Voraussetzung involvirt, dass der galvanische Leitungswiderstand nur eine Function der Temperatur, nicht aber auch der Veränderungen sei, welche der galvanische Strom selbst in den Drähten hervorruft. Wenn aber der galvanische Strom polarisirte Wärmeschwingungen im Drahte wachruft, so ist es sogar wahrscheinlich, dass bei dieser Wärmebewegung der galvanische Leitungswiderstand ein anderer, vielleicht grösserer ist, daher die aus dem Widerstand berechnete Temperatur zu gross und die gefundene galvanische Ausdehnung zu klein ausfällt.

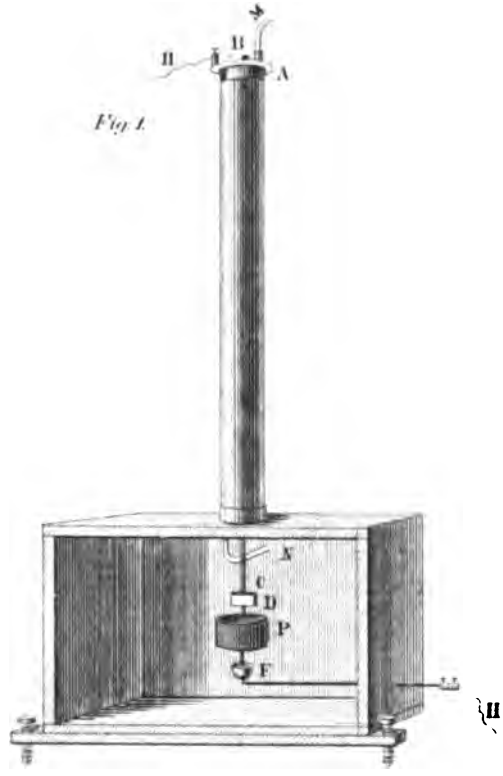
Nimmt man jedoch mit Edlund an, die galvanische Ausdehnung sei hervorgerufen durch eine galvanische Bewegung ähnlich der Wärmebewegung und diese galvanische Bewegung setze sich bei Unterbrechung des Stromes in Wärmebewegung um, so hatte Edlund in dem Momente, als derselbe die Temperatur mass, diese neu aufgetretene Wärmebewegung mitgemessen, daher ebenfalls die Temperatur des Drahtes zu hoch und die galvanische Ausdehnung zu klein gefunden.

Ich kann jedoch dieser Ansicht von einer eigenen galvanischen Bewegung nicht beistimmen, da die Existenz des Stromes jedenfalls an diese Bewegung geknüpft sein und dieselbe daher im Momente des Stromschliessens auftreten müsste, was thatsächlich nicht geschieht.

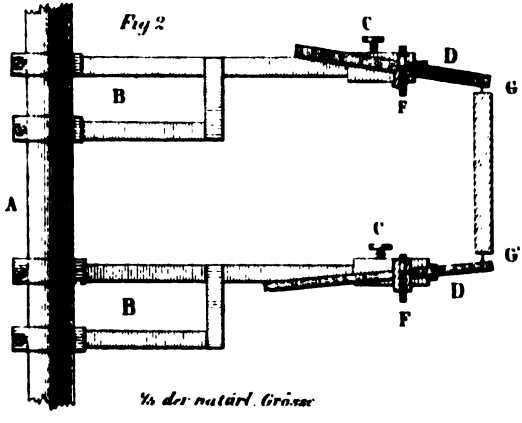
Es wäre schliesslich noch sehr wünschenswerth, zu wissen, welche Resultate harte Stahldrähte nach der Edlund'schen Methode liefern; sollten noch Zweifel über die galvanische Ausdehnung existiren, so müssten durch Bestätigung der Eigenthümlichkeit des harten Stahls auch diese letzten Zweifel verschwinden.

Meine Resultate lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. Der galvanische Strom bewirkt eine Änderung in der Elasticität des Leitungsdrahtes einzig nur durch die auftretende Wärme.
2. Der galvanische Strom dehnt den Leitungsdraht mehr aus, als eine Erwärmung zur gleichen Temperatur es thun würde; nur bei hartem Stahl kann kein solcher Überschuss aufgewiesen werden.
3. Die galvanische Ausdehnung tritt bei Schliessung des Stromes nicht plötzlich, sondern allmälig, ähnlich wie die Wärmeausdehnung, auf.
4. Die galvanische Ausdehnung kann nicht die Folge einer elektrodynamischen Abstossung sein, sondern besteht wahrscheinlich in einer Polarisation der erzeugten Wärmeschwingungen.



1/10 der natürl. Grösse.



1/5 der natürl. Grösse

Über einige mit *Lim.* $\frac{n}{\sqrt[n]{n!}} = e$ (für $n = \infty$) verwandte Limiten.

Von **Franz Unferdinger,**

o. ö. Professor der Mathematik an der technischen Hochschule in Brünn.

§. 1.

Bezeichnet m eine ganze positive Zahl, so ist bekanntlich für $n = \infty$

$$Lim \frac{1^m+2^m+3^m+\ldots+n^m}{n^{m+1}} = \frac{1}{m+1}. \qquad (1)$$

Dieser Satz wird elementar bewiesen entweder mit der Jak. Bernouilli'schen Summenformel für $1^m+2^m+3^m+\ldots+n^m$ oder mit der aus dem Binomialtheorem für ganze positive Exponenten folgenden Relation

$$\frac{1}{m+1}\{(n+1)^{m+1}-n^{m+1}\} > n^m > \frac{1}{m+1}\{n^{m+1}-(n-1)^{m+1}\} \qquad (2)$$

(Grunert),

für $n = 1, 2, 3, \ldots n$ und nachherige Addition. Die Relation (2) kann einfacher aus der Gleichung:

$$\frac{a^m-b^m}{a-b} = a^{m-1}+a^{m-2}b+a^{m-3}b^2+\ldots+ab^{m-2}+b^{m-1}$$

abgeleitet werden. (S. Schlömilch's Algebraische Analysis, p. 58.)

Ist $m = x$ eine continuirlich veränderliche Grösse, so gelten die obigen Beweise nicht, und die Limite (1) erfordert eine eigene Untersuchung, welche später mitgetheilt werden soll.

§. 2.

Für m als ganze positive Zahl bilden wir aus den n Grössen 1^m, 2^m, 3^m, ... n^m das arithmetische und geometrische Mittel M_a, M_g und suchen das Verhältniss beider für $n=\infty$. Es ist mit Anwendung der J. Stirling'schen Formel für $\log(1.\,2.\,3.\,\ldots n)$ (London 1730), wenn man sogleich die letzten Glieder fortlässt, deren Grenzwerth Null ist:

$$Lim.\ \log\frac{M_a}{M_g} = Lim.\left\{\log(1^m+2^m+3^m+\ldots+n^m) - \log n - \frac{m}{n}\left\{\tfrac{1}{2}\log 2\pi + (n+\tfrac{1}{2})\log n - n\right\}\right\}$$

$$= Lim.\left\{\log\frac{1^m+2^m+3^m+\ldots+n^m}{n^{m+1}} + m\right\} = \text{nach (1)}\ \log\frac{1}{m+1} + m,$$

mithin

$$\text{für } n=\infty,\ Lim.\frac{M_a}{M_g} = \frac{e^m}{m+1}. \tag{3}$$

Für $m=1$ folgt hieraus:

$$\text{für } n=\infty,\ Lim.\frac{n}{\sqrt[n]{1.\,2.\,3.\,\ldots n}} = e. \tag{4}$$

§. 3.

In der Auffassung des bestimmten Integrals $\int_{u_0}^{u_1} u^x\,du = \frac{u_1^{x+1}-u_0^{x+1}}{x+1}$, in welchem x eine von u unabhängige

Unferdinger.

Veränderliche ist, als Limite eines arithmetischen Mittels, erhält man die Gleichung mit $h=\frac{u_1-u_0}{n}$, für $n=\infty$:

$$(u_1-u_0)\,Lim.\frac{1}{n}\left\{u_0^x+(u_0+h)^x+(u_0+2h)^x+\ldots+(u_0+\overline{n-1}h)^x\right\}=\frac{u_1^{x+1}-u_0^{x+1}}{x+1} \qquad (5)$$

und hieraus folgt für $u_0=\frac{a}{n}$, $u_1=\frac{a}{n}+b$, also $h=\frac{b}{n}$, in welchen Substitutionen a, b endliche positive Grössen bezeichnen sollen:

$$b\,Lim.\frac{a^x+(a+b)^x+(a+2b)^x+\ldots+(a+\overline{n-1}b)^x}{n^{x+1}}=Lim.\frac{1}{x+1}\left\{\left(\frac{a}{n}+b\right)^{x+1}-\left(\frac{a}{n}\right)^{x+1}\right\}.$$

Für $x>-1$ wird die Limite rechts gleich $\frac{b^{x+1}}{x+1}$, für $x<-1$ wird dieselbe gleich $+\infty$; für $x=-1$ reducirt sich der Ausdruck links unter dem Zeichen Limes auf die Reihe:

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{a+b}+\frac{1}{a+2b}+\ldots+\frac{1}{a+\overline{n-1}b},$$

welche für $n=\infty$ divergirt. Man hat also

$$\text{für } n=\infty,\ Lim.\frac{a^x+(a+b)^x+(a+2b)^x+\ldots+(a+\overline{n-1}b)^x}{n^{x+1}}=\frac{b^x}{x+1}\ \text{oder}\ \infty \qquad (6)$$

je nachdem $x>-1$ oder $x\leqq-1$.

Für $a=b$ folgt hieraus:

$$\text{für } n=\infty,\ \mathit{Lim.}\frac{1^x+2^x+3^x+\ldots+n^x}{n^{x+1}}=\frac{1}{x+1}\ \text{oder}\ \infty, \tag{7}$$

je nachdem $x>-1$ oder $x\leqq -1$.

§. 4.

Setzt man in der bekannten Mac Laurin'schen Summenformel (London 1742):

$$\left.\begin{aligned} &f(a)+f(a+b)+f(a+2b)+\ldots+f(a+\overline{n-1}b)\\ &=\frac{1}{b}\int_a^c f(x)dx-\frac{1}{2}\{f(c)-f(a)\}+\frac{b}{12}\{f'(c)-f'(a)\}-\frac{\Theta b^3}{384}\{f'''(c)-f'''(a)\},\end{aligned}\right\} \tag{8}$$

in welcher $f(x)$ eine solche Function bezeichnet, dass $f^{(4)}(x)$ endlich und stetig bleibt von $x=a$ bis $x=c$, $c=a+nb$, $\Theta^2<1$ ist, $f(x)=\log x$, so verwandelt sich dieselbe in:

$$\left.\begin{aligned} &\log\{a(a+b)(a+2b)\ldots(a+\overline{n-1}b)\}\\ &=\frac{1}{b}\{c\log c-a\log a-c+a\}-\frac{1}{2}(\log c-\log a)+\frac{b}{12}\left(\frac{1}{c}-\frac{1}{a}\right)-\frac{\Theta b^3}{192}\left(\frac{1}{c^3}-\frac{1}{a^3}\right),\end{aligned}\right\} \tag{9}$$

welcher Ausdruck als eine Verallgemeinerung der J. Stirling'schen Formel zu betrachten ist.

§. 5.

Bildet man aus den Elementen a^x, $(a+b)^x$, $(a+2b)^x,\ldots(a+\overline{n-1}b)^x$ das arithmetische und geometrische Mittel M_a, M_g und nimmt beiderseits die Logarithmen, so ist mit Rücksicht auf (9):

Unferdinger.

$$\log M_a = \log\{a^x + (a+b)^x + (a+2b)^x + \ldots + (a+\overline{n-1}b)^x\} - \log n,$$

$$\log M_g = \frac{x}{nb}\{c\log c - a\log a - c + a\} - \frac{x}{2n}(\log c - \log a) + \frac{bx}{12n}\left(\frac{1}{c} - \frac{1}{a}\right) - \frac{\Theta b^3 x}{192n}\left(\frac{1}{c^3} - \frac{1}{a^3}\right).$$

Wird die zweite Gleichung von der ersten subtrahirt und geht man zur Grenze über für $n=\infty$, $c=\infty$, $Lim.\frac{c}{nb}=1$, $Lim.\frac{\log c}{n}=0$, indem man gleichzeitig Glieder, deren Grenzwerth Null ist, fortlässt, so zeigt sich:

$$Lim.\log\frac{M_a}{M_g} = Lim.\left\{\log\{a^x + (a+b)^x + (a+2b)^x + \ldots + (a+\overline{n-1}b)^x\} - \log n - x\log c + x\right\}$$

$$= Lim.\left\{\log\frac{a^x + (a+b)^x + (a+2b)^x + \ldots + (a+\overline{n-1}b)^x}{nc^x} + x\right\}$$

$$= Lim.\left\{\log\frac{a^x + (a+b)^x + (a+2b)^x + \ldots + (a+\overline{n-1}b)^x}{n^{x+1}b^x} + x\right\}$$

und dieser Ausdruck ist nach (6) entweder gleich $\log\frac{e^x}{x+1}$ oder ∞, je nachdem $x>-1$ oder $x\leqq -1$; mithin auch

$$\text{für } n=\infty,\ Lim.\frac{M_a}{M_g} = \frac{e^x}{x+1} \text{ oder } \infty, \tag{10}$$

je nachdem $x>-1$, oder $x\leqq -1$. In der gewöhnlichen Wortsprache ausgedrückt, enthält die Gleichung (10) folgenden

Lehrsatz:

Bildet man aus den n Gliedern der Reihe a^x, $(a+b)_x$, $(a+2b)_x, \ldots (a+\overline{n-1}b)^x$, in welcher a, b endliche positive Grössen bezeichnen und x stetig veränderlich ist, das arithmetische und geometrische Mittel M_a, M_g, so nähert sich das Verhältniss $\frac{M_a}{M_g}$ für ein unendlich wachsendes n dem Grenzwerth $\frac{e^x}{x+1}$, wenn $x+1>0$, oder wird unendlich gross, wenn $x+1\leqq 0$.

Den speciellen Fall $x=1$, $Lim.\frac{M_a}{M_g}=\frac{1}{2}e$ hat Schlömilch erwähnt in seiner Zuschrift, Bd. 17.

Der mittlere Krümmungsradius und die mittlere Krümmung in einem bestimmten Punkt einer Fläche.

Von **Franz Unferdinger,**

o. ö. Professor der Mathematik an der technischen Hochschule in Brünn.

Sind R, r der grösste und kleinste Krümmungsradius in einem bestimmten Punkt einer Fläche und ρ jener irgend eines Normalschnittes, welcher mit der Ebene zu r den Winkel φ einschliesst, so besteht bekanntlich nach Euler die Beziehung:

$$\rho = \frac{Rr}{R\cos^2\varphi + r\sin^2\varphi} \quad (1) \qquad \text{oder} \qquad \frac{1}{\rho} = \frac{\cos^2\varphi}{r} + \frac{\sin^2\varphi}{R}. \quad (2)$$

Betrachtet man hierin φ als veränderlich und lässt es nach und nach alle Werthe von 0 bis 2π durchlaufen, so erhält man die Werthe der Krümmungshalbmesser und der Krümmung sämmtlicher Normalschnitte, deren arithmetisches Mittel $\overset{2\pi}{\underset{0}{M}}(\rho)$, $\overset{2\pi}{\underset{0}{M}}\left(\frac{1}{\rho}\right)$ wir nun bestimmen wollen. — Da $\cos\varphi$, $\sin\varphi$ nur in der zweiten Potenz erscheinen, so ist es hinreichend, die Mittelwerthe auf den ersten Quadranten zu beziehen.

Nach dem Begriff eines bestimmten Integrals als Summe ist bekanntlich, wenn f eine beliebige Function bezeichnet, für $h = \frac{\pi}{2n}$, $n = \infty$:

$$\int_0^{\frac{1}{2}\pi} f(\varphi)d\varphi = \frac{1}{2}\pi\, Lim.\frac{1}{n}\{f(0)+f(h)+f(2h)+\ldots+f(\overline{n-1}h)\},$$

mithin auch:

$$Lim.\frac{1}{n}\{f(0)+f(h)+f(2h)+\ldots+f(\overline{n-1}h)\} = \frac{2}{\pi}\int_0^{\frac{1}{2}\pi} f(\varphi)d\varphi. \quad (3)$$

Setzt man hierin für $f(\varphi)$ die Werthe aus (1), (2) und bedenkt, dass für $Rr>0$:

$$\int_0^{\frac{1}{2}\pi} \frac{d\varphi}{R\cos^2\varphi + r\sin^2\varphi} = \frac{\pi}{2\sqrt{Rr}}, \quad \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \cos^2\varphi d\varphi = \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \sin^2\varphi\, d\varphi = \frac{1}{4}\pi,$$

so folgt unmittelbar

$$\overset{2\pi}{\underset{0}{M}}(\rho) = \sqrt{Rr}, \quad \overset{2\pi}{\underset{0}{M}}\left(\frac{1}{\rho}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R}\right), \tag{4}$$

d. h., haben die Krümmungshalbmesser der Hauptschnitte einerlei Richtung, so ist in einem solchen Punkt einer Fläche der mittlere Krümmungsradius gleich dem geometrischen Mittel und die mittlere Krümmung gleich dem arithmetischen Mittel jener der Hauptschnitte.

Speciell für das dreiaxige Ellipsoid wurde dieser Satz bewiesen von Grunert, Archiv, Thl. XL, p. 259.

Über die merkwürdigen Eigenschaften des Ausdruckes

$$z^n-\binom{m}{1}(z-1)^n+\binom{m}{2}(z-2)^n-\ldots+(-1)^m\binom{m}{m}(z-m)^n$$

und Anwendung derselben.

Von **Franz Unferdinger**,

o. ö. Professor der Mathematik an der technischen Hochschule in Brünn.

Wenn man die für $e^x=u$ identische Gleichung, in welcher x, z beliebige unabhängige Veränderliche bezeichnen, m eine ganze positive Zahl ist

$$e^{xz}-\binom{m}{1}e^{x(z-1)}+\binom{m}{2}e^{x(z-2)}-\ldots+(-1)^m\binom{m}{m}e^{x(z-m)}=(u-1)^m.u^\zeta,$$

$$z-m=\zeta,$$

$n$mal nach x differenzirt und alsdann $x=0$ setzt, so folgt:

$$z^n-\binom{m}{1}(z-1)^n+\binom{m}{2}(z-2)^n-\ldots+(-1)^m\binom{m}{m}(z-m)^n=D_x^n\{(u-1)^m u^\zeta\}_0 \quad (1)$$

Nach der Theorie der Differentialquotienten mit allgemeiner Ordnungszahl ist:

$$D_x^n F(e^x)=\frac{E_1 e^x}{1!}F'(u)+\frac{E_2 e^{2x}}{2!}F''(u)+\ldots+\frac{E_n e^{nx}}{n!}F^{(n)}(u), \quad \text{mit}$$

$$E_k=k^n-\binom{k}{1}(k-1)^n+\binom{k}{2}(k-2)^n-\ldots+(-1)^k\binom{k}{k}(k-k)^n, \quad (2)$$

folglich für $x=0$, respective $u=1$:

$$D_x^n\{F(e^x)\}_0=\frac{E_1}{1!}F'(1)+\frac{E_2}{2!}F''(1)+\ldots+\frac{E_n}{n!}F^{(n)}(1). \quad (3)$$

In unserem Fall ist $F(u)=(u-1)^m u^\zeta$ und um die $k$te Derivirte dieser Function zu entwickeln, bedienen wir uns der bekannten Formel für die Differentiation der Producte:

$$D^k(P.Q)=\sum_0^k \binom{k}{s} D^s P.D^{k-s}Q,$$

mit $P=(u-1)^m$, $Q=u^\zeta$ und erhalten, da sich die Summation auf s bezieht:

$$F^{(k)}(u)=k!\sum_0^k \binom{m}{s}\binom{z-m}{k-s}(u-1)^{m-s}u^{\zeta-k+s}.$$

Ist $n<m$, so ist beständig $s<m$, also für $x=0$, $u=1$, $(u-1)^{m-s}=0$, $F^{(k)}(1)=0$; hieraus folgt nach (1):

$$\text{für } n<m,\ z^n-\binom{m}{1}(z-1)^n+\binom{m}{2}(z-2)^n-\ldots+(-1)^m\binom{m}{m}(z-m)^n=0. \tag{4}$$

Ist $n\gtrless m$, so verschwinden für $x=0$ in $F^{(k)}(u)$ alle Glieder bis auf jenes, welches $s=m$ entspricht und es wird für $k\gtrless m$:

$$F^{(k)}(1)=k!\binom{z-m}{k-m},$$

hingegen ist $F^{(1)}(1)=F^{(2)}(1)=\ldots=F^{(m-1)}(1)=0$. Die Substitution dieser Werthe in (3) liefert:

$$D_x^{(n)}\{F(e^x)\}_0=E_m+\binom{z-m}{1}E_{m+1}+\binom{z-m}{2}E_{m+2}+\ldots+\binom{z-m}{n-m}E_n, \quad \text{mithin}$$

für $n \lesseqgtr m$,

$$z^n - \binom{m}{1}(z-1)^n + \binom{m}{2}(z-2)^n - \ldots + (-1)^m \binom{m}{m}(z-m)^n = E_m + \binom{z-m}{1}E_{m+1} + \binom{z-m}{2}E_{m+2} + \ldots + \binom{z-m}{n-m}E_n. \quad (5)$$

Setzt man in (4) und (5) $z-m=\zeta$ und schreibt die linke Seite in umgekehrter Anordnung, so zeigt sich nach Multiplication mit $(-1)^m$, wenn zuletzt wieder z statt ζ gesetzt wird:

$$\left.\begin{aligned} & z^n - \binom{m}{1}(z+1)^n + \binom{m}{2}(z+2)^n - \ldots + (-1)^m (z+m)^n = 0 \\ \text{oder} \quad & = (-1)^m \left\{E_m + \binom{z}{1}E_{m+1} + \binom{z}{2}E_{m+2} + \ldots + \binom{z}{n-m}E_n\right\}, \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

je nachdem $n<m$ oder $n \lesseqgtr m$.

Für $n=m$ wird bekanntlich $E_m = m!$ (Legendre's Satz), der zweite Theil in (5) reducirt sich auf das erste Glied und man hat für jedes beliebige z, wie aus der Differenzenrechnung bekannt:

$$z^m - \binom{m}{1}(z-1)^m + \binom{m}{2}(z-2)^m - \ldots + (-1)^m \binom{m}{m}(z-m)^m = m!, \quad (7)$$

$$z^m - \binom{m}{1}(z+1)^m + \binom{m}{2}(z+2)^m - \ldots + (-1)^m \binom{m}{m}(z+m)^m = (-1)^m m!, \quad (8)$$

die letzte Gleichung folgt ebenso aus (6) für $n=m$. Aus dem Vorhergehenden folgert man auch leicht für z als ganze positive Zahl, mit $m=2z$, $2n$ statt n:

$$z^{2n}-\binom{2z}{1}(z-1)^{2n}+\binom{2z}{2}(z-2)^{2n}-\ldots+(-1)^{z-1}\binom{2z}{z-1}1^{2n}=0, \qquad (9)$$

wenn $n<z$, gleich $\frac{1}{2}(2z)!$, wenn $n=z$,

$$\text{gleich } \frac{1}{2}\{E_{2z}+\binom{-z}{1}E_{2z+1}+\binom{-z}{2}E_{2z+2}+\ldots+\binom{-z}{2n-2z}E_{2n}\},$$

wenn $n>z$.

Eine Anwendung dieser Ergebnisse bildet die Umwandlung des Ausdruckes

$$\overset{m}{\underset{1}{S}}\binom{m}{s}(z-s)^s s^{m-s},$$

in welchem sich die Summation auf s bezieht, in ein nach Potenzen der Veränderlichen z geordnetes Polynom. Mittelst des Binomialtheorems für ganze positive Exponenten findet man zunächst als Coëfficient von z^k, mit Rücksicht auf die bekannte Beziehung:

$$\binom{m}{s}\binom{s}{k}=\binom{m}{k}\binom{m-k}{s-k}, \quad C_k=\overset{m}{\underset{1}{S}}(-1)^{s-k}\binom{m}{s}\binom{s}{k}s^{m-k}=\binom{m}{k}\overset{m}{\underset{k}{S}}(-1)^{s-k}\binom{m-k}{s-k}s^{m-k}$$

oder wenn man rechts s statt $s-k$ einführt:

$$C_k=\binom{m}{k}\overset{m-k}{\underset{0}{S}}(-1)^s\binom{m-k}{s}(k+s)^{m-k}.$$

Der summatorische Factor ist nach (8) für $z=k$, $m-k$ statt m gleich $(-1)^{m-k}.(m-k)!$, also $C_k=(-1)^{m-k}.\frac{m!}{k!}$ und für $k=m$, $m-1,\ldots 2, 1, 0$:

$$\sum_1^m \binom{m}{s}(z-s)^s s^{m-s} = m!\left\{\frac{z^m}{m!}-\frac{z^{m-1}}{(m-1)!}+\frac{z^{m-2}}{(m-2)!}-\ldots+(-1)^m\right\} \tag{10}$$

oder auch:

$$\sum_1^m \frac{(z-s)^s s^{m-s}}{s!(m-s)!} = (-1)^m\left\{1-\frac{z}{1!}+\frac{z^2}{2!}-\ldots+(-1)^m\frac{z^m}{m!}\right\}. \tag{11}$$

Entwickelt man ebenso den Ausdruck: $\sum_1^m \binom{m}{s}(z-s)^{s-1}.s^{m-s}$, so zeigt sich zunächst als Coëfficient von z^k:

$$C_k=\sum_1^m (-1)^{s-k-1}.\binom{m}{s}\binom{s-1}{k}s^{m-k-1}$$

oder wegen der Beziehung:

$$\binom{m}{s}\binom{s-1}{k}=\frac{m}{s}\binom{m-1}{s-1}\binom{s-1}{k}=\frac{m}{s}\binom{m-1}{k}\binom{m-k-1}{m-s}, \quad C_k=m\binom{m-1}{k}\sum_{k+1}^m (-1)^{s-k-1}\binom{m-k-1}{m-s}s^{m-k-2},$$

und wenn man s statt $s-k-1$ einführt: $C_k=m\binom{m-1}{k}\sum_0^{m-k-1}(-1)^s\binom{m-k-1}{s}(k+s+1)^{m-k-2}$.

Hierin erhält k alle ganzzahligen Werthe von $m-1$ bis 0; für $k=m-1$ wird dieser Ausdruck gleich 1 und für $k<m-1$ nach (4) gleich Null, mithin:

$$\sum_{1}^{m}\binom{m}{s}(z-s)^{s-1}.s^{m-s}=z^{m-1}. \tag{12}$$

Diese letzte Gleichung kann auch aus jener (10) hergeleitet werden, wenn man dieselbe durch $m!$ dividirt, alsdann $m-1$ statt m setzt und beides addirt; man erhält so:

$$\sum_{1}^{m}\binom{m}{s}(z-s)^{s}.s^{m-s-1}=\frac{z^m}{m}, \tag{13}$$

wird einmal nach z differenzirt, so folgt (12).

Entwickelt man in der Summenform

$$z\sum_{0}^{m}\binom{m}{s}(z-s)^{s-1}.(s+x)^{m-s},$$

in welcher sich die Summation wieder auf s bezieht, nach aufsteigenden Potenzen von x, so ist der Coëfficient von x^m:

$$z\sum_{0}^{m}\binom{m}{s}\binom{m-s}{n}(z-s)^{s-1}.s^{m-n-s}=z\binom{m}{n}\sum_{0}^{m-n}\binom{m-n}{s}(z-s)^{s-1}.s^{m-n-s},$$

nach (12) ist der letzte summatorische Factor gleich z^{m-n-1}, mithin das Ganze $\binom{m}{s}z^{m-n}$. Für $n=0, 1, 2\ldots m$ folgt hieraus:

$$z\sum_{0}^{m}\binom{m}{s}(z-s)^{s-1}.(x+s)^{m-s}=(x+z)^m. \tag{14}$$

Für $\frac{x}{\beta}$ statt x, $\frac{\alpha}{\beta}$ statt z ergibt sich nach Umkehrung der Gleichung:

$$(x+\alpha)^m = \alpha \sum_0^m \binom{m}{s} (\alpha - \beta s)^{s-1} . (x+\beta s)^{m-s}, \tag{15}$$

eine Verallgemeinerung des Binomialtheorems für ganze positive Exponenten, welche zuerst Abel auf anderem Weg gefunden hat. (S. Crelle, Journal, Bd. I, p. 159.)

Durch Anwendung des einfachen Binomialtheorems auf den Ausdruck:

$$\sum_0^m \binom{m}{s} (z-s)^s (s+x)^{m-s}, \tag{16}$$

erhält man als Coëfficient von x^n, da $\binom{m}{s}\binom{m-s}{n} = \binom{m}{n}\binom{m-n}{s}$,

$$\sum_0^{m-n} \binom{m}{s}\binom{m-s}{n} (z-s)^s s^{m-n-s} = \binom{m}{n} \sum_0^{m-n} \binom{m-n}{s} (z-s)^s s^{m-n-s}$$

oder nach (10) für $m-n$ statt m:

$$\frac{m!}{n!}\left\{\frac{z^{m-n}}{(m-n)!} - \frac{z^{m-n-1}}{(m-n-1)!} + \frac{z^{m-n-2}}{(m-n-2)!} - \ldots + (-1)^{m-n}\cdot\frac{1}{o!}\right\}.$$

Setzt man hierin nach Multiplication mit x^n, $n=m, m-1, m-2, \ldots 1, 0$, so erhält man sämmtliche Glieder der Entwicklung (16), werden die so entstehenden Verticalreihen summirt, so ergibt sich:

$$m!\left\{\frac{(x+z)^m}{m!}-\frac{(x+z)^{m-1}}{(m-1)!}+\frac{(x+z)^{m-2}}{(m-2)!}-\ldots+(-1)^m\frac{(x+z)^0}{0!}\right\}=m!\sum_0^m(-1)^s\frac{(x+z)^{m-s}}{(m-s)!},\qquad(17)$$

dieser Ausdruck kann aber durch die Formel (10) dargestellt werden, mit $x+z$ statt z, und man hat daher die Gleichung:

$$\sum_0^m\binom{m}{s}(z-s)^s(s+x)^{m-s}=\sum_0^m\binom{m}{s}(x+z-s)^s s^{m-s}=(17).\qquad(18)$$

Diese Function von x, z hat also die merkwürdige Eigenschaft, ihren Werth nicht zu ändern, wenn man die Basis der ersten Potenz um x zunehmen, gleichzeitig jene der zweiten um x abnehmen lässt oder umgekehrt.

Für $z=-x$ wird (18) gleich $(-1)^m m!$ nach (17), übereinstimmend mit (8), nur steht in (18) links x statt z, rechts 0 statt z.

Über die Stefan'schen Nebenringe am Newton'schen Farbenglas und einige verwandte Interferenzerscheinungen.

Von **E. Mach.**

1.

Stefan hat zuerst die Ringsysteme beschrieben, welche an sonst farblosen Stellen des Newton'schen Glases auftreten, wenn man, die halbe Pupille mit einem Glimmer deckend, auf dasselbe hinsieht[1].

Stefan bemerkt, dass jeder der beiden Strahlen welche aus dem Glase treten, bei diesem Versuche wieder in zwei Theile getheilt wird, so dass vier Strahlen ins Auge gelangen. Gibt das Glas den Strahlen den Gangunterschied A, der Glimmer aber B, so haben zwei dieser vier Strahlen den Gangunterschied $A-B$, die beiden Anderen aber $A+B$. Die Strahlen mit dem Gangunterschied $A-B$ können, wenn derselbe klein genug ist, die Entstehung der Nebenringe bedingen.

Ich habe an einem anderen Orte[2] eine etwas andere Erklärung der Erscheinungen versucht, welche mir auch vollständiger scheint. Man kann das Licht, welches vom Newton'schen Glase kommt, als ein Licht betrachten, in dem einige Farben durch die Interferenz gelöscht sind. Wird dieses Licht unabhängig von der Theilung der ersten Interferenz nochmals getheilt und wieder zur Interferenz gebracht, so treten zu diesen Farbenlöschungen neue. Betrachtet man das Spectrum des Lichtes nach der zweimaligen Interferenz, so enthält dasselbe zwei Systeme von dunklen Streifen, von welchen das eine dem Gangunterschied A, das zweite dem Gangunterschied B entspricht.

---

[1] Sitzb. d. Wiener Akademie. B. L, S. 135, 394 (1865).

[2] Optisch-akustische Versuche. Prag. Calve 1872. S. 98.

Beide Streifensysteme zeigen, falls A und B wenig genug verschieden sind, den Schwebungen der Akustik analoge Erscheinungen. Sie verhalten sich wie Massstab und Nonius und können zusammen das weisse Licht färben, wenn auch jedes für sich keine Färbung zu erzeugen vermag.

Dass diese Auffassung zulässig ist, kann man durch Versuche nachweisen. Die Berechtigung derselben zeigt sich aber noch dadurch, dass sie zu neuen Versuchen führt. Es ist nämlich nach dieser Auffassung klar, dass man eine Interferenzfarbe hoher Ordnung, die von Weiss nicht mehr zu unterscheiden ist, auf verschiedene Art in eine Farbe niederer Ordnung umwandeln kann, wenn nur in dem Lichte vor oder nach dieser Interferenz wieder Farben in nahe gleicher Weise wie bei der Interferenz gelöscht werden.

Diese Löschung kann

1. entweder wieder durch eine Interferenz
2. oder durch Absorption
3. oder sogar ganz mechanisch geschehen.

Beispiele des ersten Verfahrens habe ich bereits früher angegeben[1]. Schaltet man zwischen zwei Nicols N_1 und N_2 eine achsenparallele Quarzplatte Q_1 ein, zwischen N_2 und ein Nicol N_3 eine zweite nahe gleichdicke, etwas keilförmige Quarzplatte Q_2; so zeigt das ganze System matte Streifen, welche der Differenz der beiden Quarzdicken entsprechen. Man muss sich jedoch soweit stellen, dass man das Auge gleichzeitig auf beide Quarze ziemlich gut accommodiren kann, oder dies Verhältniss durch optische Vorrichtungen herbeiführen. Man kann auch von dem System $N_1 Q_1 N_2$ ein reelles Bild auf einem Schirm entwerfen und dieses durch ein System $N_3 Q_2 N_4$ betrachten. Auch dann sieht man auf dem Schirme Streifen. Bei spectraler Auflösung erhält man ein Spectrum mit zwei Streifensystemen, von der zu erwartenden Beschaffenheit, oder wenn man zwei sich kreuzende Quarzkeile anwendet, ein Spectrum mit einem Netz von Streifen. Das Verfahren ist allgemein anwendbar. Jede nicht mehr sichtbare Interferenz kann durch eine zweite nahe gleiche wieder sichtbar gemacht werden. Auch senkrecht zur Axe geschnittene

[1] A. a. O.

Quarzplatten, welche wegen zu grosser Dicke durch Drehung der Polarisationsebene keine Farben mehr zeigen, geben nach diesem Verfahren wieder Farben.

Nach dem zweiten Verfahren kann man ebenfalls ganz ähnliche Erscheinungen erhalten. Lässt man das Licht durch ein Gefäss mit Dämpfen von Untersalpetersäure auf das Newton'sche Glas fallen, so sieht man sofort Nebenringe. Dieselben zeigen sich natürlich auch an einem Quarzkeil. Diese Nebenringe zeigen aber nicht mehr die Newton'schen Farben, weil die Anordnung der dunklen Streifen der Untersalpetersäure doch eine andere ist, wie jene der Streifen in den Newton'schen Farben. Lässt man das Licht des Himmels durch eine schwache Lösung von salpetersaurem Didymoxyd oder durch Didymglas, durch eine blasse Lösung von übermangansaurem Kali, durch Olivenöl etc. auf das Newton'sche Glas fallen, so erhält man ebenfalls Nebenringe. Ohne Zweifel kann man noch mit vielen andern absorbirenden Mitteln ähnliche Versuche anstellen.

Das dritte Verfahren besteht darin, dass man in dem Lichte, welches die Interferenz durchmacht, am bequemsten vor dieser Interferenz mechanisch eine Reihe von Farben löscht. Zur mechanischen Löschung habe ich mich einer Versuchsanordnung bedient, welche der schon von Newton[1] angewandten sehr ähnlich ist. Man lasse das volle Licht (ohne Spalte) durch ein Prisma auf den Rand des Newton'schen Glases fallen. Dann sieht man auf dem Glase ein weisses Feld mit farbigen Rändern, in dessen Innerem man nichts Abnormes bemerkt. Lässt man aber das Licht, bevor es auf das Prisma fällt, noch durch ein Gitter gehen (am bequemsten durch ein grösseres gröberes Beugungsgitter), so sieht man in dem weissen Felde sofort die Nebenstreifen auftreten. Auf das Newton'sche Glas fällt hiebei Licht, in welchem durch die Stäbe des Gitters gewisse Farben gelöscht sind. Das Gitter muss natürlich so weit von dem Prisma sein, dass die Stäbe desselben, welche der brechenden Kante parallel liegen, durch die Dispersion ganz verwischt werden und das Gitter durch das Prisma hindurch gesehen (ausser an den Rändern) weiss erscheint. Die Nebenstreifen, die hier auftreten, zeigen wieder nicht

[1] Optices lib. I. Pars II. Experimentum X.

die Newton'schen Farben, aus denselben Gründen, die schon bei Beschreibung des zweiten Verfahrens angegeben wurden.

Der Versuch gelingt natürlich auch, wenn man mit Gitter und Prisma den Quarzkeil im Polarisationsapparate beleuchtet. Man ist hiebei oft versucht zu glauben, dass man die Streifen des Gitters durchsieht, überzeugt sich aber leicht vom Gegentheil durch Schieben oder Drehen des Keils, wobei die Streifen sich mit schieben und wenden, oder durch Wegnehmen des Keiles, wobei die Streifen ganz verschwinden.

Man kann die secundären Interferenzen auch ganz mechanisch nachahmen. Durch ein Gitter und ein Prisma fällt das volle Licht des Himmels auf einen Spiegel. Betrachtet man dieses Licht durch ein zweites Gitter und ein zweites Prisma, so dass weder das erste noch das zweite Gitter für sich Farben zeigt, so erscheinen, wenn die Gitter nahe gleich wirken, sofort Nebenstreifen. Die gewöhnlichen Newton'schen Farben zeigen sich hier nicht, doch könnte der Versuch mit einiger Mühe so modificirt werden, dass dies der Fall wäre.

Diese mechanische Löschung kann vielleicht ein Mittel zur Untersuchung der Interferenzen von grossen Gangunterschieden abgeben.

Nach dieser allgemeinen Auseinandersetzung will ich auf einige Punkte specieller eingehen.

2.

In einer früheren Schrift[1] habe ich zwei einfache Constructionen beschrieben, welche dazu dienen, den Zusammenhang der gelöschten Farben mit dem Gangunterschiede übersichtlich darzustellen. Die zweite Construction habe ich dort aus der ersten abgeleitet. Wie ich nun kürzlich bemerkt habe, findet sich eine dieser zweiten Construction ganz ähnliche schon bei Newton[2].

Dieselbe Construction kann auch dazu dienen, die Spectralerscheinungen nach zweimaliger Interferenz darzustellen. Man denke sich die Construction doppelt und das eine Exemplar über dem anderen verschoben, so dass die Verschiebung dem Gangunterschied Δ entspricht. Dann erkennt man sofort aus sehr einfachen

[1] Optisch-akustische Versuche. S. 7, 8. — [2] Optices lib. II. pars II.

projectivischen Beziehungen, dass die Coïncidenz- und Alternirungsstellen im Spectrum in derselben Weise von Δ abhängen, wie die Helligkeitsmaxima und Minima von dem Gangunterschied bei einer Interferenz[1]. Die ganze Reihe der Newton'schen Farben, nur mit einer grösseren Zumischung von Weiss, muss sich also bei einer solchen Doppelinterferenz wiederholen.

Dies zeigt sich auch durch eine sehr einfache Rechnung. Die Gesammtintensität des Lichtes vor der ersten Interferenz sei $4a^2$. Die beiden Strahlen, welche den Gangunterschied A erhalten, wollen wir durch

$$a \sin \varphi \text{ und}$$
$$a \sin \left(\varphi + \frac{2\pi A}{\lambda}\right) \text{ vorstellen.}$$

Nach der ersten Interferenz wird dann die Intensität des Lichtes sein $2a^2\left(1+\cos\frac{2\pi A}{\lambda}\right)$. Man erhält sie also durch Multiplication der Intensität vor der Interferenz mit dem Factor $\frac{1}{2}\left(1+\cos\frac{2\pi A}{\lambda}\right)$ und sieht, dass sie mit der Wellenlänge periodisch variirt.

In gleicher Weise wird also die Intensität nach der zweiten Interferenz mit dem Gangunterschied B vorgestellt werden durch

$$a^2\left(1+\cos\frac{2\pi A}{\lambda}\right)\left(1+\cos\frac{2\pi B}{\lambda}\right) \text{ oder durch}$$

$$a^2\left(1+\cos\frac{2\pi A}{\lambda}+\cos\frac{2\pi B}{\lambda}+\tfrac{1}{2}\cos 2\pi\frac{(A+B)}{\lambda}+\tfrac{1}{2}\cos 2\pi\frac{(A-B)}{\lambda}\right)$$

Es legen sich also vier, von der Wellenlänge abhängige, Helligkeitsperioden übereinander. Sind aber die Gangunterschiede A, B gross, so wird nur das Glied $\frac{1}{2}\cos 2\pi\frac{(A-B)}{\lambda}$ auf die Färbung des Lichtes Einfluss haben können. Die Helligkeitsminima dieses letzten Gliedes liegen aber ganz so wie diejenigen einer einfachen Interferenz mit dem Gangunterschiede $A-B$.

---

[1] Man sieht dies recht hübsch, wenn man die gut ausgeführte erwähnte Construction durch ein Doppelspaltprisma betrachtet.

Die Sache ändert sich wesentlich, wenn bei der zweiten Interferenz andere Dispersionsverhältnisse obwalten, wie bei der ersten. Dann erhält das bemerkbare Glied die Gestalt $\cos 2\pi\left(\frac{A}{\lambda} - \frac{B}{\psi(\lambda)}\right)$ und es treten andere als die Newton'schen Farben auf.

Den hieher gehörigen Spectralphänomenen analogen Erscheinungen beobachtet man häufig, wenn man durch zwei Gartenzäune hindurch blickt oder durch ein Beugungsgitter auf dessen Schatten oder dessen Bild im Spiegel sieht. Letztere Procedur führt leicht zu einer Methode, die Streifenzahl eines Beugungsgitters zu bestimmen, welche der Bestimmung der Schwingungszahl eines Tones durch Schwebungen entspricht.

3.

Man kann, wie ich schon früher angegeben habe [1], die Nebenstreifen auch erzeugen, indem man ein Newton'sches Glas in einem zweiten spiegelt. Dies Verfahren lässt sich noch vereinfachen. Man lege einen etwa 1 Cm. breiten Spiegelstreifen [2] quer über die Mitte des Newton'schen Glases, so dass er mit der spiegelnden Seite dem Glase zugekehrt, etwa 5 Mm. von diesem absteht. Das Licht des Himmels fällt auf das Farbenglas, wird hierauf von dem Spiegelstreifen reflectirt, und macht nochmals auf das Farbenglas fallend die zweite Interferenz durch. Das Farbenglas spiegelt sich so in sich selbst und die betreffende Stelle erscheint mit schönen scharfen, feinen, fast geraden Streifen überzogen, welche dem Spiegelstreifen parallel laufen.

Fällt Sonnenlicht auf das Farbenglas, so kann man statt des Spiegelstreifens einfach einen Papierstreifen auflegen. Das Spiegelbild dieses Papierstreifens im Newton'schen Glase, auf welchen sich natürlich die Ringe projiciren müssen, erscheint mit den Nebenstreifen überzogen.

Bei genauerer Überlegung fiel mir auf, dass diese Nebenstreifen am Farbenglase, ohne weitere Veranstaltung immer vorhanden sein müssen. Setzt man vor das Farbenglas einen

---

[1] A. a. O.

[2] Am besten ein versilbertes Mikroskopdeckglas.

schwarzen Schirm mit einer 3 Mm. breiten Spalte S, welche einem Durchmesser des Farbenglases parallel ist und durch welche das Himmelslicht auf das Glas fällt, so liefert diese mehrere Spiegelbilder von verschiedener Intensität. Das erste und stärkste S_1 ist an der obersten Glasfläche reflectirt und farblos, das zweite S_2 zeigt die gewöhnlichen Newton'schen Ringe, nur viel lebhafter als gewöhnlich, weil das überdeckende Licht fehlt. Das dritte Spaltenbild S_3 entsteht, indem das von der Luftschichte kommende Licht an der oberen Glasfläche wieder auf die Luftschichte zurückgeworfen wird. Das Bild S_3 zeigt die Nebenstreifen als schöne, fast gerade, ziemlich breite und lebhafte Farbenbänder, welche quer über das Glas laufen.

Ich will hier gleich bemerken, dass diese Nebenstreifen vollkommen deutlich bleiben, wenn man zwischen die beiden Bestandtheile des Newton'schen Glases einen Ring von etwa 1 Mm. dickem Carton bringt, so dass also auch in S_2 keine Farben mehr zu sehen sind.

Spectral untersucht gibt S_1 das gewöhnliche Spectrum des Sonnenlichtes, S_2 ein Spectrum mit einfachen Interferenzstreifen ganz ähnlich demjenigen, welches ich Seite 95 der „optisch-akustischen Versuche“ abgebildet habe. Das Bild S_3 zeigt aber ein Spectrum mit zwei Systemen von Interferenzstreifen, welche sich netzförmig durchkreuzen. Diese Auflösung kann leicht durch einen Schirm, der zur Abblendung der nicht untersuchten Spaltenbilder dient, und durch ein kleines Ocularprisma à vision directe geschehen.

Zuletzt fand ich, dass man auch ohne irgend eine Veranstaltung die geraden Nebenstreifen bei jedem Newton'schen Glase bei genügender Aufmerksamkeit wahrnehmen kann.

Nachdem ich alles dies beobachtet hatte, wurde ich zufällig auf eine Abhandlung von Van der Willigen aufmerksam, der diese geraden Streifen schon früher gesehen hat und welcher selbst wieder einen Vorgänger Knox aufgefunden hat. Knox hat sich mit der Beobachtung der Streifen begnügt. Van der Willigen hat die am Newton'schen Glase möglichen Interferenzen durchgerechnet, aus welchen sich natürlich auch diese Streifen erklären lassen. Ein einfaches Erkärungsprincip habe

ich aber in seiner ziemlich langen Abhandlung nicht finden können. Dies Princip ist aber sehr leicht darzustellen.

Diese von Knox, Van der Willigen und mir beobachteten Streifen sind nun, wie aus der obigen Darstellung genügend hervorgeht, wenn auch äusserlich sehr verschieden von den Stefan'schen Nebenringen, dem Wesen nach doch mit denselben identisch.

Denken wir uns das reelle Bild eines Newton'schen Glases auf ein zweites Newton'sches Glas projicirt. Dies ist beiläufig das Verhältniss in den obigen Versuchen. Betrachten wir die dabei auftretenden secundären Interferenzen. Wir wollen der Einfachheit wegen noch annehmen, dass die Ebenen der beiden Gläser in einander fallen und nur die Centra der beiden Ringsysteme den Abstand $2a$ haben. Die Verbindungslinie der Centra nehmen wir zur X-Axe, den Halbirungspunkt derselben zum Anfangspunkt und die Senkrechte durch den Halbirungspunkt (in der Ebene der Gläser) zur Y-Axe.

Der Gangunterschied des einen Glases sei $\Delta = m\rho^2$, wobei ρ die Entfernung von dessen Centrum, jener des anderen $\Delta' = n\rho_1^2$.

Für einen Nebenstreifen ist die Gangunterschiedsdifferenz constant, also $\Delta' - \Delta = n\varphi_1^2 - m\rho^2 = k$. Die Constanten n und m hängen mit der Krümmung der Gläser zusammen.

Die Gleichung eines Nebenringes findet sich dann in der Form

$$x^2 - 2\frac{n+m}{n-m}ax + y^2 = \frac{k}{n-m} - a^2.$$

Man sieht die Nebenringe sind Kreise von dem Radius

$$r = \sqrt{k + \left[\left(\frac{n+m}{n-m}\right)^2 - 1\right]a^2}$$

deren Centrum von dem Anfangspunkt der Coordinaten um

$$p = \frac{n+m}{n-m}a$$

absteht.

Für den Fall, dass beide Gläser gleich, also $n = m$, werden die Nebenringe zur Y-Axe parallele Gerade

$$a(n+m)x + k = 0.$$

Man sieht ebenso leicht, dass im letzteren Falle die Streifen desto schmäler werden, je grösser der Abstand der beiden Centra.

Ich will noch erwähnen, dass man den beschriebenen Nebenringen analoge Erscheinungen auf die einfachste Weise und in der mannigfaltigsten Form erblickt, wenn man eine axenparallele Quarzplatte oder einen Quarzkeil auf eine schwarze Glasplatte legt, wie sie für Interferenzspiegel gebraucht wird, und wenn man diese Combination durch ein Nicol betrachtet. Wenn das Himmelslicht stark polarisirt ist und die Cornea oder Brille als Analyseur wirkt, sieht man die Erscheinungen auch mit freiem Auge. Hiebei erzeugt nun die Luftschichte zwischen Quarz und Glas, welche in der Regel beim blossen Auflegen ziemlich dick ist, Farben von hoher Ordnung, welche durch den Quarz als Nebenstreifen sichtbar werden. Hiebei sieht man auch Streifensysteme an Stellen, an welchen der Gangunterschied im Quarz dem halben oder doppelten Gangunterschied in der Luftschichte gleich ist. Diese Streifen entstehen, wie man sich leicht überzeugen kann, dadurch, dass der Strahl einmal durch die Luftschichte und zweimal durch den Quarz oder zweimal durch die Luftschichte und einmal durch den Quarz geht. Natürlich sind diese Systeme matter und schmäler wie die anderen. Die Rechnung lehrt, dass durch Übereinanderlegung zweier Spectralstreifensysteme von der Zahl n und $2n$, wenn keines für sich das Licht färbt, keine Farben entstehen können.

Ähnliche Versuche wie die oben beschriebenen mit dem Newton'schen Glase lassen sich auch mit einer Jamin'schen Platte ausführen. Über diese werde ich später berichten.

4.

Wir wollen annehmen, das Licht werde in zwei gleiche Theile getheilt, welche den Gangunterschied A erhalten und dasselbe Licht werde dann unabhängig von der ersten Theilung nochmals in zwei gleiche Theile getheilt, welchen der Gangunterschied B beigebracht wird. Man kann das Resultat so auffassen, als ob vier Strahlen vorhanden wären, welche zur Interferenz gelangen. Die Amplitüde jedes dieser Strahlen wollen wir der Einfachheit wegen $= 1$ setzen und der Gangunterschied der Strahlen gegen den ersten ist folgender:

I. o
II. A
III. B
IV. $A+B$

Im Allgemeinen werden alle vier Strahlen miteinander interferiren und dann ist das Streifensystem im Spectrum ein sehr complicirtes. Eliminirt man I und IV, so erhält man blos die Interferenz von II und III mit dem Gangunterschied $A—B$ wie beim Brewster-Jamin'schen Versuch. In der That lassen sich die Stefan'schen Nebenringe als Jamin'scher Versuch auffassen, wobei aber die Jamin'sche Interferenz durch das Hinzutreten der Strahlen I und IV überdeckt ist. Diese Auffassung dürfte sogar mit der Stefan'schen Erklärung identisch sein.

Nimmt man die Gangunterschiede A, B so klein an, dass jeder Strahl mit jedem interferiren kann, so ist die Helligkeitsvertheilung im Spectrum gegeben durch

$$4+4\cos\frac{2\pi A}{\lambda}+4\cos\frac{2\pi B}{\lambda}+2\cos\frac{2\pi(A+B)}{\lambda}+2\cos\frac{2\pi(A—B)}{\lambda}.$$

Dieses Resultat erhält man natürlich immer, in welcher Ordnung man die Strahlen zusammenfassen mag. Es ist nur Sache der Auffassung, ob man die Streifen $\cos 2\pi\frac{A—B}{\lambda}$ ansehen will als primäre Interferenzen der Strahlen II und III oder ob man die Interferenz als eine secundäre ansehen will, wie sub 2.

Nimmt man die Gangunterschiede A, B so gross, dass bei denselben die Interferenz aufhört und dass überhaupt nur mehr die Strahlen II und III interferiren können, so ist das Streifensystem im Spectrum definirt durch

$$4+2\cos 2\pi\frac{(A—B)}{\lambda},$$

es fehlen also dann drei Streifensysteme. Man kann jetzt wieder das eine noch vorhandene System als eine primäre oder secundäre Interferenz auffassen. Ob aber die Gangunterschiede A, B gross genug sind, um die Interferenz zu zerstören oder nicht, das kann aus dem Anblick des Systems

$$2\cos 2\pi\frac{(A—B)}{\lambda}$$

nicht entschieden werden (sobald die anderen Systeme zu fein sind um gesehen zu werden), weil die mittlere Helligkeit des Grundes, auf welchem das erstere System erscheint, in beiden Fällen dieselbe ist.

Wenn eine Interferenz bei einem Gangunterschied A stattfindet, dessen Streifensystem schon zu fein ist, um gesehen zu werden, so lässt sich diese vielleicht durch das (sub 1) angeführte mechanische Mittel nachweisen.

XI. SITZUNG VOM 17. APRIL 1873.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die Abhängigkeit der täglichen Variation des Barometerstandes von der Rotation der Sonne", vom Herrn Director Dr. K. Hornstein in Prag.

„Über ein allgemeines Theorem zur Berechnung der Wirkung magnetisirender Spiralen", vom Herrn Prof. Dr. A. v. Waltenhofen in Prag.

„Über die Bessel'schen Functionen erster Art", vom Herrn Prof. L. Gegenbauer in Krems.

„Zur Frage über die Entstehung der Arten", vom Herrn F. Chlebik in Jaroslau.

Herr Dr. Karl Heitzmann legt eine Abhandlung: „Über den Bau des Protoplasmas" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei: Atti. Anno XXVI, Sess. 2da. Roma, 1873; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. December 1872. Berlin, 1873; 8°.

American Chemist. A. Monthly Journal of Theoretical, Analytical, and Technical Chemistry. Vol. III, Nr. 4. New York, 1872; 4°.

Annalen der Sternwarte in Leiden, herausgegeben von F. Kaiser. III. Band. Haag, 1872; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 11. Jahrgang, Nr. 11. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1931—1932. (Bd. 81. 11—12.) Altona, 1873; 4°.

Bierens de Haan, D., Notice sur Meindert Semeijns. Rome, 1873; 4°.

Commission Météorologique de Lyon: Résumé des observations météorologiques faites à l'Observatoire de Lyon. 1870, 27e Année. Lyon; gr. 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 12—14. Paris, 1873; 4°.

Czyrniański, Emil, Chemische Theorie, auf der rotirenden Bewegung der Atome basirt. (Vierte vermehrte Auflage.) Krakau, 1873; 8°.

Gesellschaft der Wissenschaften, Oberlausitzische: Neues Lausitzisches Magazin. XLIX. Band, 2. Hälfte. Görlitz, 1872; 8°.

— geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVI (neuer Folge VI), Nr. 2. Wien, 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 14—15. Wien, 1873; 4°.

Isis: Sitzungsberichte. Jahrgang 1872, Nr. 10—12. Dresden, 1873; 8°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo II°, Serie IV^a, Disp. 3^a & 4^a. Venezia, 1872—73; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 7. Graz, 1873; 4°.

Lotos. XXIII. Jahrgang. Jänner—März 1873. Prag; 8°.

Mittheilungen des k. k. technischen und administrativen Militär-Comité. Jahrgang 1873, 2. Heft. Wien; 8°.

Moniteur scientifique du Docteur Quesneville. 17e Année, 3e Série, Tome III. 376e Livraison. Paris, 1873; 4°.

Müller, Friedrich, Allgemeine Ethnographie. Wien. 1873; 8°.

Nature. Nrs. 179—180. Vol. VII. London, 1873; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 5. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire", et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIe Année, 2e Série, Nrs. 40—41. Paris, 1872; 4°.

Società de Spettroscopisti Italiani: Memorie. Vol. I. Anno 1872. Vol. II. Anno 1873, Disp. 1^a. Palermo; 4°.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou: Bulletin. Année 1872. Nr. 4. Moscou, 1873; 8°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XIXe 1872. Comptes rendus des séances 3. Paris; 8°.

Society, The Royal Geographical, of London: Proceedings. Vol. XVI, Nr. 5; Vol. XVII, Nr. 1. London, 1872 & 1873; 8°.

Verein für Landeskunde von Niederösterreich: Blätter. VI. Jahrgang. 1872, Nr. 1—12. 8°. — Topographie von Niederösterreich. IV. Heft. Wien, 1872; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 14—15. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 4. Heft. Wien, 1873; 4°.

Über die Abhängigkeit der täglichen Variation des Barometerstandes von der Rotation der Sonne.

Von dem c. M. **Carl Hornstein,**
Director der k. k. Sternwarte in Prag.

Die vorliegende Abhandlung enthält, im Anschlusse an meine letzte Arbeit über den Einfluss der Electricität der Sonne auf den Barometerstand, eine zweite Studie über die täglichen Oscillationen des Luftdruckes. Das tiefe Dunkel, in welches bisher der Ursprung und Verlauf dieser kleinen, äusserst complicirten Bewegungen des Barometers grossentheils noch gehüllt war, beginnt allmälig zu schwinden und namentlich ist es der — ob unmittelbare, oder durch ein Medium vermittelte, ist noch unbekannt, — Zusammenhang dieser Oscillationen mit den Vorgängen auf der Sonne, der mit aller Bestimmtheit sich in den Vordergrund drängt.

Die folgenden Blätter liefern einen neuen, wichtigen Beweis hiefür, indem darin gezeigt wird, dass selbst die äusserst kleine Oscillation mit täglichem doppeltem Maximum und Minimum, die wir das atmosphärische Ebbe- und Fluthglied nennen, und welche für Prag, vom Minimum bis zum Maximum gerechnet, durchschnittlich kaum $^1/_2$ Millimeter beträgt, ein sehr sicheres Mittel bietet, die Rotationszeit der Sonne zu bestimmen.

Ich werde zuerst die Methode darstellen, welche ich zur Sonderung der täglichen Variation des Barometerstandes an den einzelnen Tagen angewendet habe. Diese Methode setzt zwar die tägliche Variation als rein periodische Function der Zeit voraus, eine Annahme, welche der Wirklichkeit nicht vollkommen entspricht; indessen gibt sie auch dann sehr genäherte Werthe für die tägliche Variation, wenn die

$$U_2 = \int_{+\frac{3}{2}}^{+\frac{5}{2}} u dt = \alpha + 2\beta + \frac{49}{12}\gamma + \frac{17}{2}\delta + \ldots.$$

Bildet man, um α, β, γ.... zu bestimmen, die höheren Differenzen der U, und gebraucht dabei folgende Bezeichnung:

$$\begin{array}{ll} U_{-1} - U_{-2} = \Delta U_{-\frac{3}{2}} & \Delta U_{-\frac{1}{2}} - \Delta U_{-\frac{3}{2}} = \Delta^2 U_{-1} \ldots\ldots \\ U_0 - U_{-1} = \Delta U_{-\frac{1}{2}} & \ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots & \end{array}$$

indem man als Index der Differenz das arithmetische Mittel aus dem Index des Minuend und des Subtrahend annimmt, eine Bezeichung, die auch bei vielen anderen Untersuchungen im Gebrauche ist; so erhält man das nachstehende Tableau der Functionswerthe und Differenzen:

$n = -2$	U_{-2}	$\Delta U_{-\frac{3}{2}}$			
-1	U_{-1}	$\Delta U_{-\frac{1}{2}}$	$\Delta^2 U_{-1}$	$\Delta^3 U_{-\frac{1}{2}}$	....
0	U_0	$\Delta U_{\frac{1}{2}}$	$\Delta^2 U_0$	$\Delta^3 U_{\frac{1}{2}}$	....
$+1$	U_1	$\Delta U_{\frac{3}{2}}$	$\Delta^2 U_1$	....	....
$+2$	U_2	....	....		
....	...				

und jede dieser Grössen liefert eine zur Bestimmung von α, β, γ... verwendbare Gleichung, z. B.

$$\Delta U_{\frac{1}{2}} = U_1 - U_0 = \beta + \gamma + \frac{5}{4}\delta + \ldots.$$

u. s. w.

Wählt man die folgenden Grössen, statt deren man übrigens auch andere Gruppen dieser Grössen nehmen kann:

$$U_0 \quad \Delta U_{\frac{1}{2}} \quad \Delta^2 U_0 \quad \Delta^3 U_{\frac{1}{2}} \quad \Delta^4 U_0 \ldots\ldots$$

so findet man

$$\alpha = U_0 - \frac{1}{12}\gamma - \ldots.$$

$$\beta = \Delta U_{\frac{1}{2}} - \gamma - \frac{5}{4}\delta + \ldots$$

$$\gamma = \tfrac{1}{2}\Delta^2 U_0 + \ldots$$

$$\delta = \tfrac{1}{6}\Delta^3 U_{\frac{1}{2}} + \ldots.$$

$$\ldots\ldots\ldots$$

Schon im Mai 1872 habe ich einen Versuch gemacht, mit den vorstehenden Formeln die Coëfficienten α, β, γ ... für alle Tage des Monates Jänner 1870 zu bestimmen. Es zeigte sich jedoch, dass man die Mittelwerthe U für engere Intervalle, als von Tag zu Tag, berechnen müsse, und zwar mindestens von 6 zu 6 Stunden. In diesem Falle hat man

$$U_{-\frac{1}{2}} = \int_{-1}^{0} u dt = \alpha - \frac{1}{2}\beta + \frac{1}{3}\gamma - \frac{1}{4}\delta + \ldots.$$

$$U_{-\frac{1}{4}} = \int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{4}} u dt = \alpha - \frac{1}{4}\beta + \frac{7}{48}\gamma - \frac{5}{64}\delta + \ldots.$$

$$U_0 = \int_{-\frac{1}{4}}^{\frac{1}{4}} u dt = \alpha + \frac{1}{12}\gamma + \ldots.$$

$$U_{\frac{1}{4}} = \int_{-\frac{1}{4}}^{\frac{1}{2}} u dt = \alpha + \frac{1}{4}\beta + \frac{7}{48}\gamma + \frac{5}{64}\delta + \ldots.$$

$$U_{\frac{1}{2}} = \int_{0}^{1} u dt = \alpha + \frac{1}{2}\beta + \frac{1}{3}\gamma + \frac{1}{4}\delta + \ldots.$$

und mit Hilfe der höheren Differenzen ergibt sich ähnlich, wie oben:

$$\alpha = U_0 - \frac{2}{3}\Delta^2 U_0 + \ldots.$$

$$\beta = 4\Delta U_{\frac{1}{4}} - \frac{1}{4}\gamma - \frac{5}{16}\delta + \ldots.$$

$$\gamma = 8\Delta^2 U_0 + \ldots.$$

$$\delta = \frac{32}{3}\Delta^3 U_{\frac{1}{4}} + \ldots.$$

Es kann noch bemerkt werden, dass α den von der täglichen Variation freien Barometerstand für $t = 0$ bedeutet. Berechnet man also nur den Coëfficienten α von 6 zu 6 Stunden, so erhält man die Reihe der von der täglichen Variation freien Barometerstände. Für die zwischenliegenden Stunden kann man entweder die Formel

$$f(t) = \alpha + \beta t + \gamma t^2 + \ldots.$$

benützen, wenn man auch β, γ... berechnet hat; oder man kann

sich der gewöhnlichen Interpolationsformel bedienen. Ich habe das letztere Hilfsmittel angewendet, wo dann die Berechnung von β, γ.... ganz wegfällt.

Mittelst der eben auseinandergesetzten Methode wurden für das ganze Jahr 1870 von 6 zu 6 Stunden die von der täglichen Variation freien Barometerstände berechnet und dann von 2 zu 2 Stunden interpolirt. Zur Ableitung der Mittelwerthe U hat man die Formeln angewendet:

$$U_0 = \frac{\frac{12^h}{2} + 14^h + 16^h + \ldots\ldots + 8^h + 10^h + \frac{12^h}{2}}{12}$$

$$U_{\frac{1}{4}} = \frac{\frac{18^h}{2} + 20^h + 22^h + \ldots\ldots + 14^h + 16^h + \frac{18^h}{2}}{12}$$

. . . . . .

wo 12^h, 14^h, ... die zu diesen Stunden beobachteten Barometerstände bedeuten, sowie sie im Jahrgange 31 der magnetischen und meteorologischen Beobachtungen zu Prag mitgetheilt sind. Für die ersten 10 Tage fand ich die folgenden

von der täglichen Variation freien Barometerstände:

Vormittag.

1870		12^h	14^h	16^h	18^h	20^h	22^h
Jänn.	1	328"92	328·90	328·89	328·86	328·83	328·82
	2	29·33	29·47	29·59	29·71	29·81	29·92
	3	30·21	30·18	30·17	30·15	30·14	30·14
	4	30·74	30·89	31·03	31·19	31·36	31·51
	5	32·24	32·22	32·18	32·14	32·08	32·00
	6	31·16	31·17	31·15	31·10	31·02	30·93
	7	29·73	29·20	28·75	28·38	28·09	27·86
	8	27·20	27·30	27·38	27·45	27·51	27·54
	9	27·30	27·41	27·48	27·51	27·51	27·50
	10	27·43	27·39	27·37	27·37	27·38	27·40

Nachmittag.

		0^h	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h
Jänn.	1	328"84	328·87	328·91	328·99	329·09	329·21
	2	30·00	30·08	30·17	30·25	30·24	30·23
	3	30·18	30·23	30·30	30·39	30·49	30·61
	4	31·62	31·71	31·81	31·95	32·10	32·21
	5	31·88	31·74	31·60	31·45	31·30	31·19
	6	30·83	30·72	30·60	30·50	30·39	30·16
	7	27·72	27·64	27·54	27·40	27·26	27·18
	8	27·49	27·40	27·33	27·27	27·23	27·23
	9	27·51	27·51	27·51	27·49	27·47	27·46
	10	27·42	27·45	27·51	27·60	27·71	27·83

Zieht man die Zahlen dieser Tabelle von den beobachteten Barometerständen im 31. Jahrgange ab, so ergibt sich die folgende Tafel der täglichen Änderungen des Luftdruckes, welche über das ganze Jahr 1870 fortgesetzt ist. Es versteht sich von selbst, dass die hier gegebene Methode nicht blos auf die Barometerstände, sondern auf jede Gattung von Beobachtungsresultaten angewendet werden kann, welche eine tägliche Periode haben. Ebenso kann die Periode statt einem Tage auch jede andere sein. Ja man kann die Methode selbst dann noch gebrauchen, wenn die Periode unbekannt und nur ein beiläufiger Näherungswerth derselben gegeben ist. Ich werde bei einer anderen Gelegenheit auf dieselbe zurückkommen und sie auch auf den Fall anwenden, wenn die beobachteten Grössen, aus denen man die Mittelwerthe U abzuleiten hat, für ungleiche Intervalle gegeben sind.

Tägliche Änderungen des Barometerstandes in Prag.

In Hundertsteln einer Pariser Linie ausgedrückt.

1870 Jänner.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	+ 8	+16	+ 10	− 4	+ 5	+ 6	− 5	+ 2	+ 2	0	− 3	− 8
2	− 7	− 2	− 10	0	−13	+12	+11	+ 4	+ 6	−10	− 2	+ 7
3	+15	+19	+ 5	− 9	− 5	− 5	− 3	− 12	− 16	−20	− 9	+ 6
4	+ 8	+16	+ 18	−15	− 3	− 6	0	− 4	− 4	−12	− 8	− 6
5	+ 7	− 8	+ 10	− 6	+34	+28	−10	− 26	− 24	−35	− 2	+ 8
6	− 2	−16	− 20	−22	0	+30	+43	+ 15	+ 6	−10	−28	− 27
7	− 3	+24	+ 38	+36	−44	− 4	−23	−104	−110	−71	− 4	+45
8	+65	+58	+ 42	+21	− 8	− 3	−10	− 43	− 42	−26	+16	+37
9	+22	+ 6	− 15	−23	− 8	− 21	−10	− 2	− 4	− 1	− 3	− 7
10	+ 4	+ 6	+ 2	− 7	− 7	+ 3	0	− 4	− 6	− 8	− 1	+10
11	− 1	− 2	− 3	+ 1	− 4	− 8	−13	− 25	− 12	+ 6	+ 9	+16
12	+23	+27	+ 16	− 6	− 5	+ 3	− 1	+ 4	+ 24	+17	+12	− 5
13	−51	−60	− 31	− 5	+25	+43	+19	− 4	− 9	−14	−11	+ 9
14	+18	+ 5	− 4	− 4	+14	+25	+ 8	− 11	− 3	− 2	+13	+16
15	+ 2	−15	− 25	−40	−23	− 9	+ 8	+ 10	+ 11	+14	+15	− 22
16	+29	+19	+ 4	−28	−38	−35	−18	+ 3	+ 15	+19	+ 6	− 5
17	− 7	−23	− 16	+ 2	+ 6	+25	+21	+ 19	+ 21	+ 5	− 8	−22
18	−25	−29	− 31	−18	+ 5	+29	+21	− 3	+ 2	+10	+ 9	+14
19	− 2	+ 1	− 1	−10	− 5	+12	+ 4	− 25	− 13	+ 3	+10	+ 4
20	+12	+ 7	− 7	− 9	+ 3	+12	+ 4	− 11	− 12	−17	− 6	− 2
21	+ 4	+ 4	+ 1	− 5	+20	+11	0	− 16	− 9	− 4	− 2	+ 3
22	+ 7	− 7	− 2	− 2	+19	+22	+12	− 11	− 13	−18	−16	− 8
23	− 2	− 4	0	− 4	+11	+25	+17	− 11	− 14	−15	− 8	− 6
24	− 9	− 3	+ 4	+ 6	+13	+26	+17	+ 11	+ 11	+16	+25	+24
25	+ 5	−47	−102	−95	−25	+19	+25	+ 27	+ 30	+27	+32	+ 9
26	+13	+ 7	− 3	− 6	0	+ 4	− 4	− 14	− 22	−18	0	+ 6
27	+16	+16	+ 7	− 3	−11	−19	−10	− 21	− 21	+ 1	+10	+23
28	+19	+18	+ 7	− 4	+ 3	+ 3	+ 2	− 18	− 16	− 4	+ 5	+ 2
29	+ 6	+ 5	+ 2	−12	− 3	+ 6	+ 7	− 5	− 4	− 8	− 3	+11
30	+ 5	−16	− 22	−19	−10	−13	+33	+ 20	+ 7	− 1	+14	+ 2
31	− 4	− 9	− 20	−13	+ 3	+15	+14	− 1	− 11	−21	− 6	−13

1870 Februar.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	+11	+ 2	+ 4	− 2	+ 8	+15	+23	− 7	−10	− 6	− 9	− 7
2	− 4	0	+ 5	+10	+14	+18	+ 8	−18	−11	−13	− 2	+11
3	+ 8	+ 2	−11	−12	− 3	+ 6	+ 9	− 2	−13	− 9	− 3	+10
4	+15	+ 6	+ 3	− 5	− 1	+ 4	+ 5	− 6	−13	− 8	0	+ 8
5	+14	+ 9	+ 4	− 6	− 1	− 2	+ 1	−22	−23	−14	−14	−13
6	− 5	+ 1	+10	+ 8	+20	+26	+21	−19	−15	− 2	+ 2	+ 3
7	0	+ 1	+ 5	+11	+11	+23	− 2	−39	−35	−16	+ 7	+ 9
8	+26	+14	+ 8	− 6	+ 6	+ 8	− 8	−25	−15	− 7	+ 5	+ 6
9	+ 9	+10	+ 2	+ 5	+12	+ 9	− 3	−30	−34	−21	0	+15
10	+15	+ 7	+ 1	+ 6	+21	+16	+ 9	− 6	−22	−37	−16	+ 5
11	+20	+22	+23	+10	− 4	−10	−18	−44	−48	− 4	−19	+31
12	+21	+10	− 6	− 3	+19	+23	+16	−14	−12	− 8	− 8	−27
13	−19	−13	0	+11	+26	+40	+15	− 4	− 9	−27	− 4	−10
14	− 1	+ 6	+ 8	+ 5	+ 1	+ 7	+ 6	−28	−34	−21	+ 8	+17
15	+16	+ 5	− 6	−12	+ 5	+16	+10	− 8	−13	−11	0	+ 8
16	+10	+12	+ 8	+ 2	+ 7	+ 2	− 4	−21	−13	− 9	+ 2	+ 6
17	+ 4	− 5	−11	−10	0	+18	+18	+ 1	− 3	− 4	+ 4	+ 4
18	− 2	− 9	− 5	− 3	+13	+23	− 6	−17	−14	− 8	+ 3	+10
19	+11	+ 3	− 7	−16	− 7	+ 7	+ 2	−15	−11	− 7	+10	+ 5
20	+ 4	− 3	−11	− 9	− 3	0	+ 7	− 9	+ 2	+36	+46	+41
21	+37	− 2	−24	−74	−26	+18	+15	+20	+18	+11	−10	−18
22	−11	− 7	−10	−23	−28	−16	−22	−52	−38	+18	+61	+81
23	+53	− 1	−37	−38	−21	+ 8	+41	+39	+20	+17	+ 3	−28
24	−39	−39	−35	−18	+23	+32	+69	+38	+23	− 2	−16	−34
25	−32	−37	−37	−37	−31	+ 9	+22	+12	+ 4	+33	+54	+45
26	+26	+12	−15	−24	−13	− 7	−10	−19	−34	−37	− 8	+ 5
27	+12	− 5	− 7	− 8	+32	+34	+36	+ 5	−13	−24	−14	− 2
28	+ 2	+11	− 3	− 6	0	+ 1	− 2	−16	−12	0	+11	+13

1870 März.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	+11	+ 5	− 1	− 5	−17	−11	− 9	−15	+12	+38	+30	+ 1
2	− 9	−27	−38	−19	+16	+22	+23	+ 1	− 4	− 2	+16	+ 20
3	+ 2	−18	−35	−37	−12	+17	+30	+ 6	+10	+13	+ 4	− 3
4	−14	− 9	−21	−11	+ 8	+17	+ 5	−10	− 9	− 2	+13	+ 12
5	+12	+ 4	− 4	−13	−14	− 6	− 2	−11	+ 4	+ 5	0	− 5
6	− 4	0	− 4	+ 4	+ 6	+11	+18	− 1	−17	−15	− 1	− 8
7	+11	+ 4	− 3	− 2	+12	+22	+26	−27	−37	−19	− 7	+ 2
8	+ 8	− 6	−11	− 5	+ 1	+ 4	+ 9	−15	−20	+10	+21	+ 22
9	+32	+ 8	−16	−17	+ 2	− 4	−23	+ 2	+ 3	−12	−45	− 28
10	− 4	+10	+12	+36	+39	+41	+ 9	−36	−51	−51	−44	+ 4
11	+51	−90	+89	+45	− 2	−35	−42	−57	−38	−28	− 3	− 36
12	−57	−19	− 1	+52	+77	+71	+43	+20	− 9	− 8	−22	−100
13	+61	−22	+23	+17	+12	− 2	+10	+ 2	−15	+ 7	+32	+ 22
14	0	−24	−43	−40	−13	+ 4	+10	+ 4	+ 3	+18	+30	+ 26
15	+13	−13	−28	−25	− 5	+ 9	+ 5	− 3	− 6	+ 7	+13	+ 5
16	+ 3	−11	−12	+ 4	+27	+45	+43	−22	−38	−30	−62	− 10
17	+15	+44	+ 2	+ 2	+16	+17	− 3	−24	−19	−11	− 9	− 14
18	− 9	− 8	−14	− 8	+ 6	+19	+15	− 1	− 5	0	+15	+ 4
19	− 2	+ 2	− 7	+ 3	+22	+40	+ 7	−34	−47	−31	− 8	+ 8
20	+15	− 3	−14	+ 3	+14	+32	+29	+ 6	0	− 8	− 5	− 6
21	− 8	− 8	−14	− 8	0	+20	+10	+ 3	+ 6	+ 1	+ 2	− 11
22	−22	−27	−31	− 9	+13	+38	+48	+26	+26	+21	+22	+ 7
23	−12	−40	−77	−83	−38	− 8	+15	+25	+36	+24	+28	+ 14
24	+ 1	+ 5	− 8	− 9	− 3	− 7	−11	−14	− 2	0	+20	+ 23
25	+29	+12	− 5	−10	−15	−20	−18	−18	−13	+ 5	+14	+ 24
26	+17	+ 5	− 8	−12	− 4	− 3	+ 3	−12	−19	− 6	+12	+ 9
27	− 2	− 7	−21	−11	+ 7	+20	+17	− 5	−10	+ 2	+14	+ 17
28	+ 3	− 7	−32	−21	+ 6	+16	+26	+ 1	0	+10	+15	− 3
29	− 4	−21	−22	−16	− 3	+ 7	+ 5	− 4	− 4	+ 8	+12	− 2
30	− 2	0	+ 2	+ 2	+ 4	+ 7	− 1	− 7	−17	+15	+13	+ 4
31	+ 3	− 9	−16	−23	− 8	+ 6	− 2	−10	+ 2	+10	+11	+ 7

1870 April.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	0	− 7	−12	−15	+ 4	+25	+10	− 3	− 9	− 1	+ 5	+ 5
2	+ 3	+ 2	− 1	− 8	−10	− 4	− 6	−21	−22	+ 1	+17	+14
3	+15	+ 6	+ 4	+ 9	+27	+27	+ 6	−18	− 5	−20	−26	−26
4	−21	−19	−16	− 7	+26	−38	+23	+ 1	−34	+ 6	+10	+ 3
5	+ 6	− 3	− 8	0	+12	−32	+22	− 3	−10	−33	−27	−23
6	−10	+ 8	+12	+18	+32	+44	+16	−25	−33	−33	−16	−15
7	+ 2	+12	+19	+19	+23	+37	− 6	−36	−25	−21	− 9	−10
8	− 5	− 4	− 1	+ 8	+28	+42	+17	−11	−30	−29	−16	− 7
9	− 3	+ 1	+13	+23	+28	+27	+ 6	−11	−17	−25	−24	−21
10	+ 1	+ 8	+17	+26	+32	+21	− 4	−42	−52	−48	− 5	+23
11	+36	+18	− 3	0	+14	+23	+ 4	−15	−23	−38	− 5	+11
12	+18	+12	+ 8	+16	+15	+ 7	− 5	−10	−23	−25	− 8	+ 9
13	+ 8	+ 6	− 4	− 7	+12	+27	+11	−19	−19	−12	−15	−11
14	+ 5	+20	+18	+38	+59	+67	+12	−62	−93	−92	−52	− 7
15	+24	+38	+48	+38	+19	+10	+ 4	−14	−18	−34	−16	−11
16	−13	−21	− 3	+18	+29	+50	+35	0	−18	−12	− 8	0
17	+ 3	− 6	−12	−18	− 4	+13	+15	+ 1	−16	−31	−20	− 7
18	+ 7	+10	+20	+24	+35	+37	+10	−18	−17	−29	−27	−27
19	−14	− 8	+ 1	+20	+41	+45	+ 9	−16	−30	−40	−18	−10
20	+ 8	+ 6	+11	+26	+31	+30	+10	−15	−27	−29	−22	−19
21	− 1	+ 8	+13	+31	+24	+15	+ 1	−22	−36	−41	−17	− 5
22	+ 7	+ 7	+14	+30	+31	+29	+10	−10	−26	−28	−23	−21
23	− 8	− 2	+ 6	+30	+50	+53	+16	−12	−29	−41	−26	−30
24	−17	−21	− 7	+36	+39	+39	+26	−11	−39	−32	−10	− 7
25	0	+ 7	+ 8	+15	+25	+14	− 6	−15	−14	−15	− 2	− 3
26	0	−10	− 7	+ 3	+18	+30	+ 9	+ 9	− 3	−12	+ 1	+ 3
27	+15	+18	+13	− 7	−20	−18	−18	−37	−34	+ 7	+19	+13
28	+ 8	−12	− 9	−17	+34	+26	+ 4	− 9	−17	−17	− 9	−10
29	− 6	− 7	0	−14	+26	+30	+18	−10	−19	−17	−23	−33
30	−16	+ 1	+16			+21	− 1	−31	−23	−25	−11	0

1870 Mai.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	+ 3	+ 1	+ 7	+16	+27	+30	+13	−17	− 9	−21	−22	−34
2	−11	+ 6	+20	+25	+37	+32	+ 5	−24	−14	+ 1	−16	−41
3	−44	−25	− 3	+32	+42	+50	+23	− 5	−39	−43	− 9	+12
4	+16	+21	−11	+ 5	+13	0	− 3	− 9	−12	−20	− 8	− 6
5	− 1	+13	+12	+19	+23	+15	− 8	−23	−25	−20	0	+12
6	+14	+ 5	+ 1	+12	+ 7	+13	− 5	−16	−19	−31	−12	+ 5
7	+13	+13	+ 7	+21	+25	+19	+ 4	−23	−35	−33	−28	− 7
8	+12	+ 9	+11	+27	+31	+27	+ 8	−18	−27	−34	−25	−16
9	+ 6	+14	+17	+33	+36	+ 9	− 4	−26	−30	−40	−21	−13
10	+ 4	+ 6	+21	+27	+40	+28	− 3	−12	−15	−25	+ 2	+ 7
11	+17	− 3	−34	−38	−18	+ 8	+17	+11	+13	−11	− 6	− 5
12	+ 5	0	+ 8	+27	+38	+22	+10	−23	−44	−52	−27	− 6
13	+ 2	− 5	− 1	+22	+34	+57	+19	−11	−28	−37	−21	− 4
14	+20	+19	+15	+25	+21	+10	0	−29	−55	−48	− 5	−10
15	− 1	+11	+25	+29	+35	+30	+19	− 8	−11	−35	−33	−20
16	− 2	− 3	+ 5	+33	+39	+32	+ 8	−15	−41	−50	−20	+19
17	+34	+19	−11	+ 9	−38	−55	− 4	+52	+40	+14	+ 8	+22
18	+15	+ 5	+ 8	+15	+22	+26	+10	−10	−33	−45	−37	−20
19	0	0	+15	+32	+41	+38	+20	−18	−32	−43	−37	−19
20	−10	− 1	+28	+43	+44	+30	+10	−23	−38	−47	−16	+ 7
21	+ 9	− 9	−12	+14	+22	+33	+39	+13	−13	−47	−49	−29
22	−23	− 8	+12	+31	+51	+48	+42	+ 5	−22	−28	− 2	+26
23	+ 5	−23	−54	−78	−34	+16	+26	+27	+ 1	−18	−14	+23
24	+28	+ 9	+ 3	+18	+27	+15	+ 7	−13	−43	−37	−12	+19
25	+31	+19	+16	+14	+ 6	−16	−34	−30	−30	−13	+ 6	+14
26	+22	+ 7	− 1	+ 4	+18	+ 6	+14	+ 4	−15	−18	−19	−19
27	−20	−20	− 3	+26	+29	+55	+46	+ 3	−26	−41	−22	+ 2
28	+14	+ 2	− 7	0	− 6	−20	−14	−10	−12	−18	− 4	+ 8
29	+16	+ 6	+13	+21	+39	+43	+29	−10	−28	−52	−45	−32
30	−16	+ 4	+20	+30	+34	+32	+20	−16	−45	−46	−43	−12
31	+13	+37	+49	+49	+38	+26	−14	−64	−94	−29	− 9	+ 4

1870 Juni.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	+18	+24	+28	+21	+23	+ 5	− 6	−34	−32	−11	+17	+28
2	+24	0	−27	−34	−10	+11	+26	+15	+ 6	−14	−18	− 2
3	+ 7	− 7	−21	−16	+ 7	+11	+13	+ 8	− 1	−17	−17	− 4
4	+ 1	− 4	− 2	+16	+41	+27	+ 7	− 8	−17	−29	−16	+ 6
5	+21	+22	+ 6	+ 5	− 7	−28	−16	− 2	+ 5	−15	−19	0
6	+10	− 2	+ 3	+16	+21	+12	+ 8	−13	−24	−14	+ 4	+10
7	+11	− 4	− 4	− 2	+ 1	− 8	− 4	− 8	+ 4	− 8	−11	+19
8	+34	+29	+12	+ 2	−12	−15	− 7	−34	0	+ 7	+ 7	+ 2
9	−10	−19	−35	−16	+21	+40	+39	+14	−10	−24	−16	− 4
10	+ 1	+ 7	+ 4	+ 8	+ 3	+10	− 1	−22	−21	0	+ 8	+ 5
11	−19	−44	−36	+17	+31	+32	+35	+28	0	− 6	− 2	+13
12	− 9	−34	−39	−21	−19	− 2	+25	+24	+14	− 1	−13	− 1
13	+ 5	+ 3	+ 8	+15	+16	+30	+24	− 9	−33	−44	−32	−21
14	− 9	− 4	+12	+35	+47	+38	+24	− 4	−36	−60	−47	−11
15	+12	+ 8	+11	+29	+30	+13	+10	− 2	−36	−43	−15	+ 5
16	+10	+16	+11	+15	+20	+14	+15	−13	−19	−48	−38	− 4
17	+19	+20	+19	+30	+37	+24	+ 4	−21	−32	−45	−37	−11
18	− 4	+ 5	+ 4	− 9	+26	+37	+29	+ 5	− 7	−32	−30	− 4
19	− 2	− 7	+ 8	+19	+36	+28	+14	−19	−40	−31	−20	0
20	+13	+10	+ 6	+15	+19	+13	+ 4	−15	− 8	+ 2	+ 8	−19
21	−14	−14	−25	0	+33	+56	+45	− 7	−50	−62	−58	− 7
22	+13	+20	+38	+51	+40	0	−36	−32	−27	−22	−12	+21
24	+19	+14	+ 8	+11	+ 7	+ 6	− 4	−17	−17	−30	−27	− 4
23	+14	+31	+38	+42	+34	+13	+ 3	−31	−42	+ 2	− 8	−19
25	−45	−74	−28	+71	+98	+51	+14	−36	−62	−16	−19	+ 7
26	+14	+ 6	+12	+30	+31	0	−18	−24	−25	− 8	+11	+30
27	+47	+16	− 7	−11	− 7	− 3	−19	−16	−11	−16	− 5	− 3
28	+ 7	+12	+ 4	−10	+ 1	+15	+24	− 7	−18	−22	−11	+ 5
29	+15	+14	+10	+ 5	+ 7	+ 4	+ 2	−17	−12	−15	+ 8	+17
30	+22	+12	0	−20	−32			− 6	+12	−14	−24	−10

Tägliche Änderungen des Barometerstandes in Prag.

(In Hundertsteln einer Pariser Linie ausgedrückt.)

1870 Jänner.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	+ 8	+16	+ 10	— 4	+ 5	+ 6	— 5	+ 2	+ 2	0	— 3	- 8
2	— 7	— 2	— 10	0	+13	+12	+11	+ 4	+ 6	—10	— 2	+ 7
3	+15	+10	+ 5	— 9	— 5	+ 5	— 3	— 12	— 16	—20	— 9	+ 6
4	+ 8	+16	+ 18	—15	— 3	+ 6	0	— 4	— 4	—12	— 8	— 6
5	+ 7	+ 8	+ 10	+ 6	+34	+28	+10	— 26	— 24	—35	+ 2	+ 8
6	— 2	—16	— 20	—22	0	+30	+43	+ 15	+ 6	—10	—28	- 27
7	— 3	+24	+ 38	+36	+44	+40	—23	—104	—110	—71	— 4	+45
8	+65	+58	+ 42	+21	— 8	— 3	—10	— 43	— 42	—26	+16	+37
9	+22	+ 6	— 15	—23	— 8	—21	+10	+ 2	— 4	— 1	— 3	+ 7
10	+ 4	+ 6	+ 2	— 7	— 7	+ 3	0	— 4	— 6	— 8	— 1	+10
11	— 1	— 2	— 3	+ 1	— 4	— 8	—13	— 25	— 12	+ 6	+ 9	+16
12	+23	+27	+ 16	— 6	— 5	+ 3	— 1	+ 4	+ 24	+17	+12	—13
13	—51	—60	— 31	— 5	+25	+43	+19	— 4	— 9	—14	—11	+ 9
14	+18	+ 5	— 4	— 4	+14	+25	+ 8	— 11	— 3	— 2	+13	+16
15	+ 2	—15	— 25	—40	—23	— 9	+ 8	+ 10	+ 11	+14	+15	+22
16	+29	+19	+ 4	—28	—38	—35	—18	+ 3	+ 15	+19	+ 6	— 5
17	— 7	—23	— 16	+ 2	+ 6	+25	+21	+ 19	+ 21	+ 5	— 8	—22
18	—25	—29	— 31	—18	+ 5	+29	+21	— 3	+ 2	+10	+ 9	+14
19	— 2	+ 1	— 1	—10	— 5	+12	+ 4	— 25	— 13	+ 3	+10	+ 4
20	+12	+ 7	— 7	— 9	+ 3	+12	+ 4	— 11	— 12	—17	— 6	— 2
21	+ 4	+ 4	+ 1	— 5	+20	+11	0	— 16	— 9	— 4	— 2	+ 3
22	+ 7	— 7	— 2	+ 2	+19	+22	+12	— 11	— 13	—18	—16	— 8
23	— 2	— 4	0	— 4	+11	+25	+17	— 11	— 14	—15	— 8	— 6
24	— 9	— 3	+ 4	+ 6	+13	+26	+17	+ 11	+ 11	+16	+25	+24
25	+ 5	—47	—102	—95	—25	+19	+25	+ 27	+ 30	+27	+32	+ 9
26	+13	+ 7	— 3	— 6	0	+ 4	— 4	— 14	— 22	—18	0	+ 6
27	+16	+16	+ 7	— 3	—11	—19	—10	— 21	— 21	+ 1	+10	+23
28	+19	+18	+ 7	— 4	+ 3	+ 3	+ 2	— 18	— 16	— 4	+ 5	+ 2
29	+ 6	+ 5	+ 2	—12	— 3	+ 6	+ 7	— 5	— 4	— 8	- 3	+11
30	+ 5	—16	— 22	—19	—10	+13	+33	+ 20	+ 7	— 1	+14	+ 2
31	— 4	— 9	— 20	—13	+ 3	+15	+14	— 1	— 11	—21	— 6	- 13

1870 Februar.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	+11	+ 2	− 4	− 2	+ 8	+15	+23	− 7	−10	− 6	− 9	− 7
2	− 4	0	+ 5	+10	+14	+18	+ 8	−18	−11	−13	− 2	+11
3	+ 8	+ 2	−11	−12	− 3	+ 6	+ 9	− 2	−13	− 9	− 3	+10
4	+15	+ 6	+ 3	− 5	− 1	+ 4	+ 5	− 6	−13	− 8	0	+ 8
5	+14	+ 9	+ 4	− 6	− 1	− 2	+ 1	−22	−23	−14	−14	−13
6	− 5	+ 1	+10	+ 8	+20	+26	+21	−19	−15	− 2	+ 2	+ 3
7	0	+ 1	+ 5	+11	+11	+23	− 2	−39	−35	−16	+ 7	+ 9
8	+26	+14	+ 8	− 6	+ 6	+ 8	− 8	−25	−15	− 7	+ 5	+ 6
9	+ 9	+10	+ 2	+ 5	+12	+ 9	− 3	−30	−34	−21	0	+15
10	+15	+ 7	+ 1	+ 6	+21	+16	+ 9	− 6	−22	−37	−16	+ 5
11	+20	+22	+23	+10	− 4	−10	−18	−44	−48	− 4	−19	+31
12	+21	+10	− 6	− 3	+19	+23	+16	−14	−12	− 8	− 8	−27
13	−19	−13	0	+11	+26	+40	+15	− 4	− 9	−27	− 4	−10
14	− 1	+ 6	+ 8	+ 5	+ 1	+ 7	+ 6	−28	−34	−21	+ 8	+17
15	+16	+ 5	− 6	−12	+ 5	+16	+10	− 8	−13	−11	0	+ 8
16	+10	+12	+ 8	+ 2	+ 7	+ 2	− 4	−21	−13	− 9	+ 2	+ 6
17	+ 4	− 5	−11	−10	0	+18	+18	+ 1	− 3	− 4	+ 4	+ 4
18	− 2	− 9	− 5	− 3	+13	+23	− 6	−17	−14	− 8	+ 3	+10
19	+11	+ 3	− 7	−16	− 7	+ 7	+ 2	−15	−11	− 7	+10	+ 5
20	+ 4	− 3	−11	− 9	− 3	0	+ 7	− 9	+ 2	+36	+46	+41
21	+37	− 2	−24	−74	−26	+18	+15	+20	+18	+11	−10	−18
22	−11	− 7	−10	−23	−28	−16	−22	−52	−38	+18	+61	+81
23	+53	− 1	−37	−38	−21	+ 8	+41	+39	+20	+17	+ 3	−28
24	−39	−39	−35	−18	+ 2	+32	+69	+38	+23	− 2	−16	−34
25	−32	−37	−37	−37	−31	+ 9	+22	+12	+ 4	+33	+54	+45
26	+26	+12	−15	−24	−13	− 7	−10	−19	−34	−37	− 8	+ 5
27	+12	− 5	− 7	− 8	+32	+34	+36	+ 5	−13	−24	−14	− 2
28	+ 2	+11	− 3	− 6	0	+ 1	− 2	−16	−12	0	+11	+13

1870 März.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	+11	+ 5	— 1	— 5	—17	—11	— 9	—15	+12	+38	+30	+ 1
2	— 9	—27	—38	—19	+16	+22	+23	+ 1	— 4	— 2	+16	+ 20
3	+ 2	—18	—35	—37	—12	+17	+30	+ 6	+10	+13	+ 4	— 3
4	—14	— 9	—21	—11	+ 8	+17	+ 5	—10	— 9	— 2	+13	+ 12
5	+12	+ 4	— 4	—13	—14	— 6	— 2	—11	+ 4	+ 5	0	— 5
6	— 4	0	— 4	+ 4	+ 6	+11	+18	— 1	—17	—15	— 1	+ 8
7	+11	+ 4	— 3	— 2	+12	+32	+26	—27	—37	—19	— 7	+ 2
8	+ 8	— 6	—11	— 5	+ 1	+ 4	+ 9	—15	—20	+10	+21	+ 33
9	+32	+ 8	—16	—17	+ 2	— 4	—23	+ 2	+ 3	—12	—45	— 28
10	— 4	+10	+12	+36	+39	+41	+ 9	—36	—51	—51	—44	+ 4
11	+51	+90	+89	+45	— 2	—35	—42	—57	—38	—28	— 3	— 36
12	—57	—19	— 1	+52	+77	+71	+43	+20	— 9	— 8	—22	—100
13	+61	+22	+23	+17	+12	— 2	+10	+ 2	—15	+ 7	+32	+ 22
14	0	—24	—43	—40	—13	+ 4	+10	+ 4	+ 3	+18	+30	+ 26
15	+13	—13	—28	—25	— 5	+ 9	+ 5	— 3	— 6	+ 7	+13	+ 5
16	+ 3	—11	—12	+ 4	+27	+45	+43	—22	—38	—30	—62	— 10
17	+15	+44	+ 2	+ 2	+16	+17	— 3	—24	—19	—11	— 9	— 14
18	— 9	— 8	—14	— 8	+ 6	+19	+15	— 1	— 5	0	+15	+ 4
19	— 2	+ 2	— 7	+ 3	+22	+40	+ 7	—34	—47	—31	— 8	+ 8
20	+15	— 3	—14	+ 3	+14	+32	+29	+ 6	0	— 8	— 5	— 6
21	— 8	— 8	—14	— 8	0	+20	+10	+ 3	+ 6	+ 1	+ 2	— 11
22	—22	—27	—31	— 9	+13	+38	+48	+26	+26	+21	+22	+ 7
23	—12	—40	—77	—83	—38	— 8	+15	+25	+36	+24	+28	+ 14
24	+ 1	+ 5	— 8	— 9	— 3	— 7	—11	—14	— 2	0	+20	+ 23
25	+29	+12	— 5	—10	—15	—20	—18	—18	—13	+ 5	+14	+ 24
26	+17	+ 5	— 8	—12	— 4	— 3	+ 3	—12	—19	— 6	+12	+ 9
27	— 2	— 7	—21	—11	+ 7	+20	+17	— 5	—10	+ 2	+14	+ 17
28	+ 3	— 7	—32	—21	+ 6	+16	+26	+ 1	0	+10	+15	— 3
29	— 4	—21	—22	—16	— 3	+ 7	+ 5	— 4	— 4	+ 8	+12	— 2
30	— 2	0	+ 2	+ 2	+ 4	+ 7	— 1	— 7	—17	+15	+13	+ 4
31	+ 3	— 9	—16	—23	— 8	+ 6	— 2	—10	+ 2	+10	+11	+ 7

1870 April.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	0	− 7	−12	−15	+ 4	+25	+10	− 3	− 9	− 1	+ 5	+ 5
2	+ 3	+ 2	− 1	− 8	−10	− 4	− 6	−21	−22	+ 1	+17	+14
3	+15	+ 6	+ 4	+ 9	+27	+27	+ 6	−18	− 5	−20	−26	−26
4	−21	−19	−16	− 7	+26	−38	+23	+ 1	−34	+ 6	+10	+ 3
5	+ 6	− 3	− 8	0	+12	−32	+22	− 3	−10	−33	−27	−23
6	−10	+ 8	+12	+18	+32	+44	+16	−25	−33	−33	−16	−15
7	+ 2	+12	+19	+19	+23	+37	− 6	−36	−25	−21	− 9	−10
8	− 5	− 4	− 1	+ 8	+28	+42	+17	−11	−30	−29	−16	− 7
9	− 3	+ 1	+13	+23	+28	+27	+ 6	−11	−17	−25	−24	−21
10	+ 1	+ 8	+17	+26	+32	+21	− 4	−42	−52	−48	− 5	+23
11	+36	+18	− 3	0	+14	+23	+ 4	−15	−23	−38	− 5	+11
12	+18	+12	+ 8	+16	+15	+ 7	− 5	−10	−23	−25	− 8	+ 9
13	+ 8	+ 6	− 4	− 7	+12	+27	+11	−19	−19	−12	−15	−11
14	+ 5	+20	+18	+38	+59	+67	+12	−62	−93	−92	−52	− 7
15	+24	+38	+48	+38	+19	+10	+ 4	−14	−18	−34	−16	−11
16	−13	−21	− 3	+18	+29	+50	+35	0	−18	−12	− 8	0
17	+ 3	− 6	−12	−18	− 4	+13	+15	+ 1	−16	−31	−20	− 7
18	+ 7	+10	+20	+24	+35	+37	+10	−18	−17	−29	−27	−27
19	−14	− 8	+ 1	+20	+41	+45	+ 9	−16	−30	−40	−18	−10
20	+ 8	+ 6	+11	+26	+31	+30	+10	−15	−27	−29	−22	−19
21	− 1	+ 8	+13	+31	+24	+15	+ 1	−22	−36	−41	−17	− 5
22	+ 7	+ 7	+14	+30	+31	+29	+10	−10	−26	−28	−23	−21
23	− 8	− 2	+ 6	+30	+50	+53	+16	−12	−29	−41	−26	−30
24	−17	−21	− 7	+36	+39	+39	+26	−11	−39	−32	−10	− 7
25	0	+ 7	+ 8	+15	+25	+14	− 6	−15	−14	−15	− 2	− 3
26	0	−10	− 7	+ 3	+18	+30	+ 9	+ 9	− 3	−12	+ 1	+ 3
27	+15	+18	+13	− 7	−20	−18	−18	−37	−34	+ 7	+19	+13
28	+ 8	−12	− 9	−17	+34	+26	+ 4	− 9	−17	−17	− 9	−10
29	− 6	− 7	0	+14	+26	+30	+18	−10	−19	−17	−23	−33
30	−16	+ 1	+16	+23	+41	+21	− 1	−31	−23	−25	−11	0

1870 Mai.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	+ 3	+ 1	+ 7	+16	+27	+30	+13	−17	− 9	−21	−22	−34
2	−11	+ 6	+20	+25	+37	+32	+ 5	−24	−14	+ 1	−16	−41
3	−44	−25	− 3	+32	+42	+50	+23	− 5	−39	−43	− 9	+12
4	+16	+21	−11	+ 5	+13	0	− 3	− 9	−12	−20	− 8	− 6
5	− 1	+13	+12	+19	+23	+15	− 8	−23	−25	−20	0	+12
6	+14	+ 5	+ 1	+12	+ 7	+13	− 5	−16	−19	−31	−12	+ 5
7	+13	+13	+ 7	+21	+25	+19	+ 4	−23	−35	−33	−28	− 7
8	+12	+ 9	+11	+27	+31	+27	+ 8	−18	−27	−34	−25	−16
9	+ 6	+14	+17	+33	+36	+ 9	− 4	−26	−30	−40	−21	−13
10	+ 4	+ 6	+21	+27	+40	+28	− 3	−12	−15	−25	+ 2	+ 7
11	+17	− 3	−34	−38	−18	+ 8	+17	+11	+13	−11	− 6	− 5
12	+ 5	0	+ 8	+27	+38	+22	+10	−23	−44	−52	−27	− 6
13	+ 2	− 5	− 1	+22	+34	+57	+19	−11	−28	−37	−21	− 4
14	+20	+19	+15	+25	+21	+10	0	−29	−55	−48	− 5	−10
15	− 1	+11	+25	+29	+35	+30	+19	− 8	−11	−35	−33	−20
16	− 2	− 3	+ 5	+33	+39	+32	+ 8	−15	−41	−50	−20	+19
17	+34	+19	−11	+ 9	−38	−55	− 4	+52	+40	+14	+ 8	+22
18	+15	+ 5	+ 8	+15	+22	+26	+10	−10	−33	−45	−37	−20
19	0	0	+15	+32	+41	+38	+20	−18	−32	−43	−37	−19
20	−10	− 1	+28	+43	+44	+30	+10	−23	−38	−47	−16	+ 7
21	+ 9	− 9	−12	+14	+22	+33	+39	+13	−13	−47	−49	−29
22	−23	− 8	+12	+31	+51	+48	+42	+ 5	−22	−28	− 2	+26
23	+ 5	−23	−54	−78	−34	+16	+26	+27	+ 1	−18	−14	+23
24	+28	+ 9	+ 3	+18	+27	+15	+ 7	−13	−43	−37	−12	+19
25	+31	+19	+16	+14	+ 6	−16	−34	−30	−30	−13	+ 6	+14
26	+22	+ 7	− 1	+ 4	+18	+ 6	+14	+ 4	−15	−18	−19	−19
27	−20	−20	− 3	+26	+29	+55	+46	+ 3	−26	−41	−22	+ 2
28	+14	+ 2	− 7	0	− 6	−20	−14	−10	−12	−18	− 4	+ 8
29	+16	+ 6	+13	+21	+39	+43	+29	−10	−28	−52	−45	−32
30	−16	+ 4	+20	+30	+34	+32	+20	−16	−45	−46	−43	−12
31	+13	+37	+49	+49	+38	+26	−14	−64	−94	−29	− 9	+ 4

1870 Juni.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	+18	+24	+28	+21	+23	+ 5	— 6	—34	—32	—11	+17	+28
2	+24	0	—27	—34	—10	+11	+26	+15	+ 6	—14	—18	— 2
3	+ 7	— 7	—21	—16	+ 7	+11	+13	+ 8	— 1	—17	—17	— 4
4	+ 1	— 4	— 2	+16	+41	+27	+ 7	— 8	—17	—29	—16	+ 6
5	+21	+22	+ 6	+ 5	— 7	— 28	—16	— 2	+ 5	—15	—19	0
6	+10	— 2	+ 3	+16	+21	+12	+ 8	—13	—24	—14	+ 4	+10
7	+11	— 4	— 4	— 2	+ 1	— 8	— 4	— 8	+ 4	— 8	—11	+19
8	+34	+29	+12	+ 2	—12	—15	— 7	—34	0	+ 7	+ 7	+ 2
9	—10	—19	—35	—16	+21	+40	+39	+14	—10	—24	—16	— 4
10	+ 1	+ 7	+ 4	+ 8	+ 3	+10	— 1	—22	—21	0	+ 8	+ 5
11	—19	—44	—36	+17	+31	+32	+35	+28	0	— 6	— 2	+13
12	— 9	—34	—39	—21	—19	— 2	+25	+24	+14	— 1	—13	— 1
13	+ 5	+ 3	+ 8	+15	+16	+30	+24	— 9	—33	—44	—32	—21
14	— 9	— 4	+12	+35	+47	+38	+24	— 4	—36	—60	—47	—11
15	+12	+ 8	+11	+29	+30	+13	+10	— 2	—36	—43	—15	+ 5
16	+10	+16	+11	+15	+20	+14	+15	—13	—19	—48	—38	— 4
17	+19	+20	+19	+30	+37	+24	+ 4	—21	—32	—45	—37	—11
18	— 4	+ 5	+ 4	— 9	+26	+37	+29	+ 5	— 7	—32	—30	— 4
19	— 2	— 7	+ 8	+19	+36	+28	+14	—19	—40	—31	—20	0
20	+13	+10	+ 6	+15	+19	+13	+ 4	—15	— 8	+ 2	+ 8	—19
21	—14	—14	—25	0	+33	+56	+45	— 7	—50	—62	—58	— 7
22	+13	+20	+38	+51	+40	0	—36	—32	—27	—22	—12	+21
24	+19	+14	+ 8	+11	+ 7	+ 6	— 4	—17	—17	—30	—27	— 4
23	+14	+31	+38	+42	+34	+13	+ 3	—31	—42	+ 2	— 8	—19
25	—45	—74	—28	+71	+98	+51	+14	—36	—62	—46	—19	+ 7
26	+14	+ 6	+12	+30	+31	0	—18	—24	—25	— 8	+11	+30
27	+47	+16	— 7	—11	— 7	— 3	—19	—16	—11	—16	— 5	— 3
28	+ 7	+12	+ 4	—10	+ 1	+15	+24	— 7	—18	—22	—11	+ 5
29	+15	+14	+10	+ 5	+ 7	+ 4	+ 2	—17	—12	—15	+ 8	+17
30	+22	+12	0	—20	—32	—24	—10	+ 8	+12	—14	—24	—10

1870 Juli.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	+ 7	+30	+43	+45	+44	+18	− 2	−67	−92	−62	− 8	+30
2	+52	+48	+24	− 8	−18	−17	− 4	−13	− 1	+ 1	+ 7	+19
3	+27	+13	−12	−24	−27	−16	+ 8	− 2	− 2	−22	− 4	+16
4	+22	+16	+ 5	+ 4	+ 6	− 5	− 7	−10	−17	−31	−17	+10
5	+22	+15	+ 8	+ 8	+ 1	− 9	− 5	− 4	−20	−16	+ 5	+18
6	+27	+23	+ 7	+ 3	+20	+15	+43	−22	−44	−51	−51	−38
7	0	+23	+24	+20	+ 5	+ 3	+17	+10	− 5	−27	−18	− 2
8	+12	+ 6	+ 5	+19	+33	+23	− 1	−20	−26	−55	−43	− 3
9	+27	+19	+18	+40	+38	+19	+ 8	−15	−35	−45	−35	−22
10	−12	+26	+32	+35	+31	+26	−10	−68	−53	−37	−13	+30
11	+44	+27	+19	+27	+19	+ 3	- 11	−18	−30	−18	−11	+ 2
12	+ 4	− 2	+ 4	+18	+25	+29	+ 6	−35	−60	−98	−34	+67
13	+73	+39	+13	− 6	−12	+ 1	+ 8	−18	−21	−31	− 6	+ 9
14	− 1	0	+ 9	+13	+ 9	+11	+15	− 4	−26	−31	−24	+ 5
15	+25	+16	+ 2	+ 8	+24	+18	+12	−12	−34	−37	−28	+ 3
16	+19	+30	+25	+17	+12	+ 1	− 7	−14	−26	−29	−23	+ 3
17	+21	+19	+16	+ 9	+ 6	− 6	−14	−38	− 4	−27	0	+23
18	+14	+ 2	− 1	− 4	+10	+13	+23	− 3	−17	−34	−21	+ 1
19	+11	+ 4	+15	+25	+26	+13	+ 1	−19	−30	−36	−17	+ 9
20	+19	+19	+13	+ 8	+ 1	+ 6	+ 8	−10	− 7	−18	−19	−10
21	+ 5	+ 8	+10	+ 1	− 4	+ 7	+ 7	− 8	− 3	+19	+40	+34
22	+ 9	−40	−55	−42	−12	+20	+20	− 2	−16	−23	−16	+ 3
23	+13	+19	+18	+18	+32	+18	+ 8	−10	−32	−33	−29	− 3
24	− 5	− 3	+ 3	+22	+32	+23	+15	−11	−15	−27	−13	− 9
25	− 6	− 5	− 3	+14	+36	+42	+20	−21	−28	−47	−30	− 8
26	+17	+14	+14	+17	+23	+24	+17	−19	−37	−53	−32	+ 2
27	+13	+22	+31	+21	+28	+11	− 9	−20	−27	−31	−20	+ 6
28	+20	0	+ 3	+13	+13	+28	+13	−21	−33	−23	− 8	− 6
29	+ 8	+12	+12	+22	+26	+22	+ 3	−54	−52	−27	− 1	+13
30	+31	+14	+ 9	+11	+22	+14	− 1	−24	−24	−43	−27	+ 3
31	+20	+20	+17	+29	+31	+19	+13	−25	−42	−37	−16	− 3

1870 August.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	+10	− 1	0	+ 3	+12	+34	+18	−20	−28	− 9	−10	− 3
2	+ 3	− 3	+ 6	+11	+22	+20	− 3	−20	−26	−25	−15	+ 9
3	+16	+10	0	+11	+19	+28	+ 5	−13	−24	−33	−20	+13
4	+29	+22	+19	+ 1	+ 5	− 9	−33	−72	−17	+ 4	+22	+28
5	+30	+11	− 4	+ 1	+14	+ 6	− 2	−20	− 9	−15	− 4	+ 4
6	+ 8	+ 2	+11	+25	+23	+16	− 7	−53	−49	−23	+ 7	+14
7	+24	+ 3	+ 5	+26	+30	+21	−24	−47	−24	+ 1	0	+21
8	+21	− 1	− 6	− 6	+ 2	+16	+ 4	−21	−29	−17	+ 8	+16
9	+15	+ 1	− 4	− 8	−11	− 5	− 4	−13	+ 7	+22	+20	+29
10	+ 7	+ 2	−27	−35	−21	− 2	−11	−14	+ 9	+23	+12	+ 8
11	+14	+10	− 8	−13	−10	− 5	+ 3	+ 1	−10	−13	− 9	+ 1
12	+10	+ 9	+ 5	+12	+18	+ 8	+14	−15	−35	−17	− 9	+ 7
13	+15	+ 1	− 8	− 3	+11	+22	+10	−14	−20	−22	− 4	+ 7
14	+13	+13	+11	+ 4	+ 2	+ 4	− 7	−31	−21	−13	+17	+26
15	+20	+ 6	−12	−17	− 5	+ 4	− 1	+ 5	− 3	−12	− 4	− 2
16	+ 4	− 5	− 2	+ 8	+17	+25	+14	−25	−33	−21	0	+23
17	+22	+ 2	−17	−18	− 2	+18	+13	− 9	−10	−19	−14	− 2
18	+ 9	+ 9	+ 8	+18	+20	+18	+ 1	−24	−30	−37	−12	+15
19	+28	+26	+11	+12	+18	+33	+ 1	−12	−33	−57	−33	−21
20	−13	+ 6	+14	+26	+18	+14	+ 2	−15	−11	−12	+ 1	+20
21	+23	+ 6	−10	− 8	+11	+15	− 3	−10	− 4	−25	−10	− 4
22	+ 4	− 8	+ 2	+ 5	+17	+17	+ 3	−23	−33	−30	+ 5	+25
23	+20	+12	+ 1	+ 1	+12	+14	− 2	−30	−31	−16	+13	+22
24	+26	+13	− 6	−22	−38	−23	−17	+ 2	+13	+35	+56	+57
25	+39	−11	−72	−90	−60	+ 3	+49	+17	+19	− 3	− 6	+ 6
26	+11	+15	+10	+ 1	+ 2	0	−10	−25	− 9	−13	+ 3	+ 6
27	+ 7	+ 5	+ 1	+ 9	+17	+ 4	−10	−21	−35	−23	− 7	− 2
28	+11	+16	+20	+13	+ 9	+14	+ 4	−18	−12	−16	+15	+33
29	+33	+16	− 1	− 4	−12	−15	−55	−71	−34	+ 1	+29	+52
30	+66	+62	+28	−27	−53	−69	−64	−31	+24	+20	+15	+26
31	+19	+ 2	+ 2	+12	+30	+21	0	−26	−31	−45	−20	− 5

1870 September.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	+ 9	+ 14	+17	+21	+26	+26	+ 9	−10	−18	− 33	−28	−11
2	− 7	− 3	+12	+26	+31	+42	+12	−34	−43	− 48	−19	+ 5
3	+11	+ 13	+20	+27	+35	+37	+14	−33	−59	− 68	+ 1	+27
4	+19	+ 7	−23	−23	− 1	+33	+40	+11	− 7	− 29	−26	−26
5	−19	+ 2	+ 8	+32	+42	+46	+28	−10	−29	− 46	−26	−10
6	− 4	− 3	+12	+16	+38	+46	+22	−14	−20	− 30	−33	−38
7	−71	− 42	−12	+20	+59	+80	+73	+59	+46	+ 32	− 4	−62
8	−86	−121	−89	−24	+58	+73	+41	+ 4	−31	− 41	−20	+ 3
9	+21	+ 16	+29	+34	+57	+47	+15	−30	−41	− 15	− 4	−31
10	−31	− 24	− 9	+28	+45	+31	− 7	−24	−22	− 37	−25	− 2
11	+15	+ 11	− 8	+ 6	+ 9	+23	+11	− 7	+11	+ 1	+ 9	+ 5
12	0	− 22	−33	−21	+ 3	+30	+15	− 6	−11	− 3	+ 4	+ 4
13	+ 7	+ 2	− 6	− 5	− 3	+18	+ 9	−30	−12	− 5	+19	+21
14	+28	− 9	−32	−17	+25	+59	+47	+ 4	−38	−123	−31	−27
15	−35	− 21	+29	+64	+60	+64	+22	−30	−40	− 61	−39	−11
16	+ 6	+ 22	+27	+22	+21	+15	+ 4	−25	−33	− 25	0	+19
17	+21	+ 4	+ 1	−17	− 4	− 3	+ 2	+ 4	+14	+ 21	+46	+33
18	+26	− 24	−61	−55	−32	−22	− 1	+ 5	0	+ 5	+ 8	+ 1
19	− 3	− 8	− 7	+11	+28	+19	+ 8	− 7	−14	− 10	0	+ 2
20	+ 1	− 6	− 5	− 1	+21	+28	+ 4	−40	−19	− 16	− 7	− 8
21	+ 4	+ 14	+26	+45	+55	+66	+19	−35	−83	−114	−97	−10
22	+39	+ 47	+47	+26	+14	− 2	− 1	−12	−12	+ 6	+ 5	− 7
23	− 2	− 4	− 7	0	+10	+28	+24	−15	−26	− 32	−10	+ 2
24	+14	+ 10	+ 6	+15	+14	+13	+ 2	− 9	−35	− 21	+ 2	+ 2
25	0	+ 2	+ 7	+ 8	+21	+36	+ 9	−36	−55	− 41	− 2	+26
26	+33	+ 26	+ 9	+ 8	+ 4	+12	0	−20	−29	− 18	−14	−10
27	− 3	− 3	+12	+ 9	+22	+39	+20	−20	−31	− 27	−10	0
28	+ 1	+ 9	+10	+ 9	+22	+24	− 3	−42	−39	− 15	+10	+24
29	+32	+ 9	0	0	− 4	− 2	−17	−27	−18	− 2	+13	+ 5
30	+18	+ 13	+ 4	− 3	+ 3	+11	− 1	−19	−21	− 9	− 4	− 2

1870 October.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	+ 2	− 8	+ 1	+ 12	+ 25	+ 36	+ 18	− 21	− 34	−22	− 11	+ 2
2	+ 5	+ 8	+ 5	+ 6	+ 17	+ 20	+ 3	− 18	− 21	−25	− 18	− 8
3	+ 2	+ 4	+14	+ 17	+ 37	+ 39	+ 10	− 38	− 37	−28	− 7	0
4	+ 7	+ 6	+ 5	+ 2	+ 18	+ 21	0	− 31	− 36	−26	0	+ 22
5	+ 28	+12	+ 5	+ 1	+ 29	+ 44	+ 24	− 28	− 49	−36	− 15	− 17
6	− 3	0	+17	+ 14	+ 27	+ 29	+ 2	− 30	− 23	− 3	+ 16	+ 22
7	+ 22	+ 2	−24	− 40	− 20	− 7	+ 6	− 19	− 5	+ 8	+ 15	+ 11
8	+ 23	+ 32	+12	+ 1	+ 13	+ 27	− 8	− 35	− 33	−28	− 3	+ 23
9	+ 15	− 7	−21	+ 4	+ 22	+ 44	+ 38	− 36	− 39	−54	− 23	− 6
10	+ 15	+ 49	+46	+ 33	+ 6	− 27	− 58	− 69	+ 5	+16	+ 17	+ 9
11	+ 1	0	0	− 3	+ 6	+ 15	+ 6	− 8	− 17	+ 8	+ 15	− 11
12	− 15	− 48	−25	− 27	+ 12	+ 43	+ 45	+ 53	+ 53	+50	+ 1	− 56
13	− 89	− 50	−25	+ 6	+ 34	+ 38	+ 32	+ 2	+ 15	+31	+ 6	− 25
14	− 44	− 64	−66	− 54	− 5	+ 23	+ 19	+ 38	+ 14	+27	+ 30	+ 15
15	+ 16	+ 10	− 1	− 9	+ 8	+ 26	+ 4	− 14	− 25	−16	+ 3	− 6
16	− 9	− 19	−13	− 14	+ 2	+ 22	+ 22	− 3	− 4	− 4	+ 3	+ 6
17	+ 3	+ 4	− 3	− 4	+ 18	+ 36	+ 16	− 10	− 32	−30	− 11	− 14
18	− 15	+ 20	−25	− 7	+ 27	+ 33	+ 16	− 10	− 15	+17	+ 17	+ 15
19	0	− 2	−11	− 16	+ 21	+ 21	+ 9	− 32	− 23	−22	+ 6	+ 31
20	+ 31	+ 31	+ 7	− 22	− 14	− 19	− 36	− 71	− 23	+34	+ 50	+ 37
21	+ 30	+ 10	− 8	− 13	− 1	+ 8	− 14	− 21	− 13	−12	+ 5	+ 8
22	− 11	− 15	− 7	− 10	+ 21	+ 20	+ 4	− 8	− 7	+ 2	+ 12	+ 19
23	+ 11	− 16	− 5	− 7	+ 15	+ 42	+ 25	− 10	− 8	−10	0	+ 5
24	+ 12	− 17	−66	− 12	+ 4	+ 16	0	− 21	− 6	+12	+ 32	+ 32
25	+ 82	− 38	−64	− 49	− 11	+ 21	+ 49	+ 47	+ 42	+26	− 19	− 56
26	− 61	− 64	−50	+ 14	+ 78	+114	+119	+122	+120	+35	−129	−255
27	−282	−215	+43	+152	+138	+123	+ 75	− 10	− 40	−21	+ 9	+ 29
28	+ 28	+ 15	− 1	− 16	− 20	− 37	− 32	− 28	− 31	− 7	+ 2	+ 6
29	+ 14	+ 10	+15	+ 22	+ 30	+ 18	− 4	− 51	− 42	− 9	+ 13	+ 22
30	+ 19	+ 16	+ 8	+ 11	+ 37	+ 57	+ 20	− 42	− 64	−94	− 79	− 27
31	+ 9	+ 30	+40	+ 51	+ 59	+ 70	+ 53	+ 4	− 4	− 7	− 32	− 64

1870 November.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	−57	−49	−39	−18	+11	+ 6	+16	+11	− 2	+21	+22	+17
2	+ 2	+17	−17	−20	+13	+20	+ 3	−18	−11	+ 1	+ 7	+18
3	+12	+ 5	− 9	−18	−12	− 4	−11	−18	−11	+17	+15	+17
4	+ 7	0	− 5	−17	+ 7	+25	+ 5	−29	−24	− 7	+13	+20
5	+17	+ 9	− 2	−15	−30	−39	−15	+11	+11	+11	+ 3	+ 5
6	+ 9	+11	− 1	+ 7	+23	+40	+16	−18	−21	−16	− 9	− 5
7	− 9	−13	−12	− 6	+ 2	+ 8	− 2	−14	− 4	+ 7	+15	+17
8	+10	+ 6	− 8	−25	− 3	+17	− 2	−21	−22	−11	+ 2	+11
9	+11	+ 5	− 9	− 9	+12	+37	+22	+ 1	−11	+ 6	0	+ 4
10	− 2	−12	−30	−51	−10	+30	+16	+ 8	+25	+26	+ 9	− 3
11	− 9	− 9	−17	−29	+ 3	+26	+16	− 1	0	− 4	−24	−22
12	−12	− 7	+12	−11	−24	+ 1	+24	+19	+ 1	+ 6	−10	+ 1
13	+15	+15	+18	− 2	+ 5	+14	−27	−29	−15	− 6	− 3	+ 5
14	0	+ 1	− 1	+ 8	+22	+28	+17	− 8	−21	−37	−19	−11
15	− 1	+12	+15	+20	+32	+43	− 1	−44	−60	−35	− 9	+ 8
16	+17	+21	+10	+ 4	+29	+35	+17	−12	0	− 8	−37	−56
17	−47	−44	−11	+18	+64	+87	+60	+ 4	+ 3	−35	−34	−45
18	−48	−49	−30	+15	+56	+64	+57	+15	+10	+ 4	−13	+ 2
19	−17	−33	−41	−48	−32	+18	+24	+ 5	+10	+31	+50	+55
20	+49	0	−16	−75	−88	−69	−25	+19	+26	+40	+26	− 4
21	− 9	−13	−24	− 5	+14	+49	+36	+26	+47	+37	+16	−34
22	−66	−85	−71	−57	+ 9	+65	+61	+28	+17	+ 3	−17	−34
23	− 9	+11	+20	+ 8	+11	+15	0	−10	− 4	−12	− 9	−23
24	−20	−41	−45	−25	+29	+58	+43	+28	+19	+15	+14	+10
25	+ 3	−14	−47	−50	−26	+16	− 6	−25	+ 3	+19	+18	+27
26	+22	+ 2	−14	−16	+ 6	+22	+18	−10	− 2	+ 7	+ 5	− 8
27	−11	−17	−25	−24	−13	+ 8	+13	− 6	+ 5	+19	+23	+ 6
28	0	+ 8	−14	−22	− 7	+ 4	+ 2	− 9	+ 3	+18	+16	+14
29	+ 9	+ 3	−11	−31	−22	0	− 1	− 6	+ 1	+ 8	+18	+17
30	+ 6	− 9	−19	−23	+ 6	+34	+22	+ 2	− 1	−14	−20	−23

1870 December.

Tag	12h	14h	16h	18h	20h	22h	0h	2h	4h	6h	8h	10h
1	−16	− 9	+ 2	+ 6	+31	+45	+22	−34	−36	−12	+17	+12
2	+ 8	− 8	− 26	− 30	− 9	+10	+12	+10	+37	+33	+10	−17
3	−12	−16	− 17	− 18	+ 3	+32	+10	−16	−11	− 8	− 7	− 9
4	− 2	− 1	− 2	0	+10	+19	+11	− 1	− 1	−10	− 7	− 4
5	− 4	− 2	− 1	− 3	+ 1	+14	0	−12	−10	+ 1	+10	+ 2
6	+10	+ 4	+ 4	− 12	+11	+30	+11	− 9	−12	−19	−20	−17
7	− 8	− 3	+ 1	0	+20	+37	+12	− 8	−11	−25	−22	−18
8	−12	− 4	0	+ 10	+33	+49	+43	+ 5	− 9	−28	−34	−33
9	−24	−15	− 5	− 8	0	+28	+14	− 5	+ 5	+ 7	+ 9	+ 7
10	− 3	− 1	− 7	− 22	− 7	+22	+11	+ 3	− 4	+ 6	+17	+ 6
11	+ 2	− 3	− 12	− 21	−12	+ 2	− 6	−15	− 7	+10	+ 3	+ 6
12	+ 3	+ 2	+ 7	− 1	+12	+26	+ 9	−18	−10	+ 4	+ 4	+ 1
13	− 6	−12	− 18	− 21	−11	+10	+ 5	− 1	+14	+ 8	+ 1	− 3
14	+ 4	−10	− 4	− 7	+16	+41	+35	−10	+15	− 7	−13	−15
15	−20	−30	− 23	− 35	−40	− 5	+17	+13	+51	+44	+60	+52
16	+27	− 2	− 45	− 78	−92	−53	−36	−35	+77	+68	+42	+24
17	+ 3	−17	− 27	− 30	+ 5	+ 7	+ 9	+13	+39	+47	+40	+35
18	−15	−94	−111	−107	−19	+73	+69	+34	+ 9	−10	−11	+ 4
19	+ 7	+ 9	+ 16	+ 8	+41	+44	+17	−30	−37	−78	−78	−29
20	+19	+52	+ 61	+ 51	+32	+15	−18	−56	−59	−57	−17	+20
21	+27	+22	+ 14	− 4	+ 9	+28	+16	−18	−10	− 6	+ 6	+ 7
22	+ 6	− 8	− 10	− 13	+ 1	+16	+10	+ 3	+ 8	− 1	0	− 1
23	− 5	−22	− 23	− 35	− 7	+21	+22	+ 5	+ 2	+ 7	+ 8	+19
24	+ 3	+ 9	− 4	− 37	− 9	+16	+ 4	−10	−14	−16	−18	− 5
25	− 1	− 7	− 27	+ 2	+17	+42	+62	+61	+64	+32	−16	−56
26	−83	−79	− 62	− 46	+ 5	+36	+29	+ 9	+12	+20	+12	−12
27	+24	+29	+ 34	0	−24	−22	−38	−54	−16	+28	+28	+23
28	+18	+ 1	− 16	− 29	−17	− 3	− 1	− 2	+ 1	+ 1	− 4	− 6
29	+12	+13	+ 8	− 3	+ 7	+19	+12	−16	−11	− 5	− 5	− 1
30	+11	+ 2	− 11	− 19	−14	+13	+ 6	0	− 4	+ 7	+ 2	0
31	+ 7	− 6	− 19	− 25	− 8	+35	+16	− 2	− 6	− 6	+ 6	+19

Die Zahlen dieser Tafel wurden nun nach den Sonnen-Rotationsperioden zusammengestellt, und zwar für jede Stunde besonders, indem die Dauer einer (synodischen) Rotation zu 26 Tagen angenommen wurde. So entstand z. B. für die Stunde 12^h die folgende Tabelle:

Sonnen-Rotationsperiode.

Tag	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	etc.
1	+ 8	+16	−11	+15	+24	+17	+10	+52	etc.
2	− 7	+19	+53	− 8	−13	+ 5	+11	+27	„
3	+15	+ 6	−39	−22	+ 3	+ 2	+34	+22	„
4	+ 8	+ 5	−32	−12	+ 7	+20	−10	+22	„
5	+ 7	− 4	+26	+ 1	−14	− 1	+ 1	+27	„
6	− 2	+11	+12	+29	+ 8	− 2	−19	0	„
7	− 3	− 4	+ 2	+17	− 1	+34	− 9	+12	„
8	+65	+ 8	+11	− 2	+ 7	+15	+ 5	+27	„
9	+22	+15	− 9	+ 3	− 8	0	− 9	−12	„
10	+ 4	+14	+ 2	− 4	−17	−10	+12	+44	„
11	− 1	− 5	−14	− 2	0	+ 9	+10	+ 4	„
12	+23	0	+12	+ 3	0	−23	+19	+73	„
13	−51	+26	− 4	0	+15	+ 5	− 4	− 1	„
14	+18	+ 9	+11	+ 3	+ 8	+28	− 2	+24	„
15	+ 2	+15	+ 8	+15	− 6	+31	+13	+19	„
16	+29	+20	+32	−21	−16	+22	−14	+21	„
17	− 7	+21	− 4	+ 6	+ 3	−20	+13	+14	„
18	−25	−19	+51	−10	−11	+14	+19	+11	„
19	− 2	− 1	−57	+ 2	−44	+16	+14	+19	„
20	+12	+16	−61	− 5	+16	−16	−45	+ 5	„
21	+ 4	+10	0	− 3	− 1	+13	+14	+ 9	„
22	+ 7	+ 4	+13	+ 1	+14	+18	+47	+13	„
23	− 2	− 2	+ 3	+36	+13	+24	+ 7	− 5	„
24	− 9	+11	+15	+18	+12	+ 7	+15	− 6	„
25	+ 5	+ 4	− 9	+ 8	+ 6	+ 1	+22	+17	„
26	+13	+37	− 2	+ 5	+ 4	+21	+ 7	+13	„

Mit Rücksicht auf die mannigfaltigen und zahllosen, zum Theile blos localen Ursachen, durch welche kleine Veränderungen des Luftdruckes bewirkt werden können, schien es mir zweckmässig, in den nach dem Muster der vorhergehenden Tabelle für alle Beobachtungsstunden gemachten Zusammenstellungen, für jeden Tag aus den Zahlen, welche je drei aufeinanderfolgenden Rotationen entsprechen, das Mittel zu nehmen. Dadurch gelangte ich endlich zu einer neuen Reihe von Tabellen, von denen ich die erste als Muster hier beisetze.

Sonnen-Rotationsperioden I bis III.

Tag	12ʰ	14ʰ	16ʰ	18ʰ	20ʰ	22ʰ	0ʰ	2ʰ	4ʰ	6ʰ	8ʰ	10ʰ
1	+ 4	+ 8	+ 2	−10	−11	−10	−12	−24	−19	+ 6	+23	+32
2	+22	+ 5	−13	−14	− 2	+ 8	+18	+ 8	+ 3	+ 1	+ 2	− 6
3	− 6	− 8	− 9	−13	+ 5	+14	+24	+ 7	+ 1	−10	− 9	− 6
4	− 6	−12	−14	−24	−15	+ 9	+18	+ 9	+ 2	+ 7	+20	+14
5	+10	+ 4	− 8	−10	+ 8	+12	+ 5	−15	−23	−31	− 4	0
6	+ 7	− 6	− 8	−11	+13	+26	+34	+ 4	− 6	−13	−17	−12
7	− 2	+12	+13	+13	+19	+20	− 6	−46	−44	−28	+ 2	+20
8	+28	+22	+10	+ 1	− 9	− 3	− 3	−20	−14	+ 1	+14	+16
9	+ 9	− 5	−17	−16	+ 2	+16	+13	− 1	− 7	− 4	+ 4	+12
10	+ 7	− 1	−10	−17	− 7	+ 6	+10	− 7	− 6	− 3	− 4	− 2
11	− 7	− 3	− 5	− 1	+ 8	+12	+ 4	−18	−12	+ 1	+ 8	+10
12	+12	+11	+ 6	− 3	− 3	+ 7	− 2	−15	− 2	+ 2	+ 6	−10
13	−10	−15	− 9	− 2	+12	+21	+10	−10	−14	−12	− 2	+ 8
14	+13	+ 6	− 2	0	+13	+22	+10	−23	−25	−14	+ 2	+11
15	+ 8	− 5	−12	−13	0	+ 4	+ 9	− 4	−10	− 4	+ 7	+20
16	+27	+16	+ 4	−12	−13	−16	−20	−13	−10	+ 1	−19	− 1
17	+ 3	− 1	− 3	+12	+21	+30	+15	−10	−14	−18	−20	−15
18	+ 2	+16	+19	+13	+10	+11	− 2	−21	−15	−15	+ 1	−11
19	−20	− 4	+ 2	+16	+24	+30	+18	−11	−19	− 9	− 1	−26
20	−11	+11	+ 3	− 1	+ 7	+ 9	+ 8	− 6	−13	− 7	+ 9	+ 9
21	+ 5	− 3	−11	−14	+ 5	+ 6	+ 2	−11	− 6	+ 2	+10	+12
22	+ 8	− 8	−14	−11	+ 5	+16	+12	− 4	− 7	− 5	0	0
23	0	− 8	− 6	− 1	+17	+31	+18	−17	−22	−18	−22	− 2
24	+ 6	+15	0	− 3	+ 7	+17	+ 5	− 9	− 6	− 1	+ 9	+ 5
25	0	−19	−42	−37	− 7	+13	+16	+ 6	+ 9	+21	+31	+18
26	+16	+ 2	−11	−26	− 1	+21	+ 6	− 9	−17	−13	− 6	− 1

Man kann diese Zahlen annäherungsweise für die mittlere der drei Perioden, nämlich für die zweite Sonnenrotation, gelten lassen. Der erste Tag bezieht sich also auf den 27. Jänner 1870. Ähnliches gilt bezüglich der anderen elf Tabellen.

Nun wurde für jeden einzelnen Tag, vom 27. Jänner bis 4. December 1870, mittelst der Angaben dieser zwölf Tabellen, die tägliche Variation des Barometerstandes in eine periodische Reihe entwickelt von der Form

$$u_0 + u_1 \sin(x + r_1) + u_2 \sin(2x + r_2) + \ldots .$$

wo x die mittlere Zeit in Graden ausgedrückt, bedeutet. Das dritte Glied $u_2 \sin(2x + r_2)$ ist das sogenannte Ebbe- und Fluthglied; u_2 bestimmt die Stärke der Fluth, r_2 die Fluthzeit. Die nachstehende Tafel enthält die Constanten dieses Gliedes.

Atmosphärisches Ebbe- und Fluthglied für Prag, 1870.

1870		u_2	v_2	1870		u_2	v_2	1870		u_2	v_2
Jänn.	27	0·097	178°	März	9	0·078	136°	April	19	0·080	161°
	28	0·110	89		10	0·127	127		20	0·110	149
	29	0·087	102		11	0·085	259		21	0·063	125
	30	0·097	132		12	0·098	203		22	0·100	133
	31	0·145	125		13	0·090	165		23	0·121	149
Febr.	1	0·138	106		14	0·085	157		24	0·145	175
	2	0·183	172		15	0·138	150		25	0·067	135
	3	0·058	119		16	0·175	133		26	0·127	160
	4	0·138	132		17	0·078	123		27	0·148	117
	5	0·085	107		18	0·113	164		28	0·127	154
	6	0·110	182		19	0·145	158		29	0·045	158
	7	0·006	90		20	0·107	153		30	0·110	166
	8	0·132	163		21	0·110	110	Mai	1	0·113	128
	9	0·158	147		22	0·110	122		2	0·057	183
	10	0·120	138		23	0·148	154		3	0·138	157
	11	0·083	37		24	0·129	137		4	0·105	134
	12	0·085	138		25	0·105	130		5	0·110	184
	13	0·023	216		26	0·082	148		6	0·138	165
	14	0·087	194		27	0·068	174		7	0·163	108
	15	0·060	157		28	0·155	155		8	0·090	122
	16	0·100	159		29	0·129	155		9	0·097	152
	17	0·110	136		30	0·097	186		10	0·100	141
	18	0·145	140		31	0·059	144		11	0·085	97
	19	0·068	144	April	1	0·085	148		12	0·118	151
	20	0·163	152		2	0·129	155		13	0·100	119
	21	0·158	117		3	0·083	154		14	0·130	132
	22	0·138	165		4	0·080	162		15	0·082	165
	23	0·105	86		5	0·103	130		16	0·152	159
	24	0·085	130		6	0·050	302		17	0.078	46
	25	0·148	134		7	0·142	201		18	0·105	110
	26	0·110	124		8	0·065	174		19	0·118	145
	27	0·110	121		9	0·103	165		20	0·145	165
	28	0·078	152		10	0·138	151		21	0·100	101
März	1	0·073	157		11	0·175	122		22	0·123	150
	2	0·135	144		12	0·070	125		23	0·163	107
	3	0·085	130		13	0·083	151		24	0·152	153
	4	0·107	180		14	0·215	156		25	0·048	190
	5	0·075	163		15	0·113	87		26	0·138	134
	6	0·100	140		16	0·121	153		27	0·085	173
	7	0·135	150		17	0·145	137		28	0·013	151
	8	0·110	140		18	0·100	129		29	0·107	163

1870		u_2	v_2
Mai	30	0"190	179°
	31	0·152	190
Juni	1	0·085	138
	2	0·152	100
	3	0·090	123
	4	0·050	94
	5	0·082	163
	6	0·108	93
	7	0·105	109
	8	0·082	121
	9	0·135	127
	10	0·087	98
	11	0·108	145
	12	0·105	57
	13	0·121	103
	14	0·130	158
	15	0·093	149
	16	0·205	114
	17	0·145	117
	18	0·195	102
	19	0·167	134
	20	0·020	160
	21	0·145	118
	22	0·105	147
	23	0·063	117
	24	0·055	99
	25	0·183	181
	26	0·170	163
	27	0·083	129
	28	0·132	104
	29	0·121	129
	30	0·103	94
Juli	1	0·062	142
	2	0·092	121
	3	0·103	127
	4	0·077	95
	5	0·138	127
	6	0·121	119
	7	0·082	145
	8	0·123	116
	9	0·080	144
	10	0·130	156
	11	0·110	158
	12	0·183	144
	13	0·152	109

1870		u_2	v_2
Juli	14	0"090	118°
	15	0·121	135
	16	0·048	82
	17	0·159	130
	18	0·090	142
	19	0·083	140
	20	0·041	78
	21	0·260	185
	22	0·163	137
	23	0 105	117
	24	0·121	110
	25	0·103	157
	26	0·130	80
	27	0·155	159
	28	0·113	121
	29	0·103	132
	30	0·213	93
	31	0·072	129
Aug.	1	0·132	118
	2	0·060	127
	3	9·142	152
	4	0·027	0
	5	0·135	158
	6	0·092	157
	7	0·230	158
	8	0·200	124
	9	0·118	103
	10	0·113	130
	11	0·075	90
	12	0·057	192
	13	0·247	152
	14	0·113	177
	15	0·062	119
	16	0·118	162
	17	0·205	127
	18	0·121	142
	19	0·230	110
	20	0·139	175
	21	0·124	124
	22	0·097	153
	23	0·155	134
	24	0·121	171
	25	0·196	109
	26	0·148	124
	27	0·052	140

1870		u_2	v_2
Aug.	28	0"130	148°
	29	0·139	158
	30	0·048	160
	31	0·108	125
Sept.	1	0·132	160
	2	0·196	177
	3	0·175	147
	4	0·108	107
	5	0·123	152
	6	0·078	100
	7	0·103	184
	8	0·277	162
	9	0·148	153
	10	0·121	177
	11	0·132	142
	12	0·171	131
	13	0·196	143
	14	0·135	107
	15	0·121	192
	16	0·048	110
	17	0·135	197
	18	0·166	147
	19	0·095	154
	20	0·185	116
	21	0·160	123
	22	0·079	176
	23	0·166	149
	24	0·150	185
	25	0·073	110
	26	0·115	145
	27	0·129	140
	28	0·228	168
	29	0·133	124
	30	0·165	31
Oct.	1	0·402	211
	2	0·063	125
	3	0·150	194
	4	0·288	154
	5	0·096	143
	6	0·196	196
	7	0·114	136
	8	0 143	146
	9	0·215	147
	10	0·070	82
	11	0·129	172

1870		u_2	r_2	1870		u_2	r_2	1870		u_2	r_2
Oct.	12	0"040	175°	Oct.	30	0"209	134°	Nov.	17	0"120	171°
	13	0·114	195		31	0·107	119		18	0·155	158
	14	0·155	140	Nov.	1	0·162	192		19	0·195	168
	15	0·110	143		2	0·107	138		20	0·145	36
	16	0·110	146		3	0·105	138		21	0·120	161
	17	0·155	108		4	0·204	134		22	0·427	191
	18	0·063	188		5	0·078	245		23	0·055	87
	19	0·170	141		6	0·062	147		24	0·170	170
	20	0·151	173		7	0·049	166		25	0·195	124
	21	0·118	133		8	0·105	190		26	0·057	109
	22	0·120	157		9	0·132	160		27	0·135	174
	23	0·178	161		10	0·115	118		28	0·105	127
	24	0·240	167		11	0·093	128		29	0·049	76
	25	0·120	50		12	0·098	101		30	0·170	158
	26	0·135	355		13	0·126	183	Dec.	1	0·056	207
	27	0·417	207		14	0·148	143		2	0·069	108
	28	0·012	135		15	0·145	177		3	0·098	158
	29	0·209	171		16	0·059	122		4	0·093	124

Den Coëfficienten u_2, welcher die Stärke der Fluth bestimmt, anlangend, habe ich schon in meiner früher erwähnten Abhandlung[1] nachgewiesen, dass derselbe von den Vorgängen auf der Sonne abhängig sei, und es haben die dortigen Untersuchungen zu dem Satze geführt: Die aus den stündlichen Barometer-Beobachtungen seit 1841 von Jahr zu Jahr sich ergebenden Werthe des Coëfficienten u_2 des atmosphärischen Ebbe- und Fluthgliedes $u_2 \sin(2x+r_2)$ für Prag und für München werden sehr befriedigend dargestellt durch die Voraussetzung, dass u_2 die längere, nahe 70jährige Periode mit den Polarlichtern und Sonnenflecken gemein hat und gleichzeitig mit diesen Erscheinungen sein Maximum und Minimum erreicht.

Dieses merkwürdige Resultat führte mich auf die Vermuthung, dass u_2 auch von der Rotation der Sonne abhängig sein dürfte, und vielleicht sogar, gleich den Variationen des Erdmagnetismus, ein Mittel bieten könnte, die Rotationszeit der Sonne zu bestimmen.

Die Untersuchung wurde schon im Mai 1872 begonnen, musste aber, wie oben erwähnt ist, später ausführlicher angelegt werden, wegen der grossen Unregelmässigkeit im Gange des

[1] Sitz. Ber. der kais. Acad. d. Wiss. 1872, Mai.

Luftdruckes. Die Resultate dieser weitläufigen Arbeit sind in der vorhergehenden Tafel der täglichen Änderung des Barometerstandes in Prag für alle einzelnen Tage des Jahres 1870 und in den daraus abgeleiteten Werthen von u_2 und v_2, ebenfalls für die einzelnen Tage, enthalten.

Es handelt sich nun darum, die letzteren Werthe in Bezug auf die 26tägige Periode zu prüfen. Da sowohl u_2 als v_2 ausserdem noch einen jährlichen Gang zeigt, so wurden nach der am Beginne dieser Abhandlung angegebenen Methode die von den Oscillationen in der 26tägigen Periode freien Werthe von 9 zu 9 Tagen berechnet, was hier genügte. Diese Werthe $\ldots f(t) \ldots$. sind folgende[1]:

1870		$f(t)$		1870		$f(t)$	
Jänn.	31	0"107	135°	Juli	3	0"107	129°
Febr.	9	0·107	138		12	0·113	128
	18	0·102	139		21	0·121	128
	27	0·106	150		30	0·122	127
März	8	0·107	148	Aug.	8	0·130	126
	17	0·111	154		17	0·129	133
	26	0·106	157		26	0·139	141
April	4	0·110	155	Sept.	4	0·133	147
	13	0·106	153		13	0·137	147
	22	0·112	146		22	0·150	146
Mai	1	0·107	144	Oct.	1	0·149	147
	10	0·112	138		10	0·149	149
	19	0·113	141		19	0·147	158
	28	0·108	135		28	0·139	160
Juni	6	0·116	132	Nov.	6	0·137	160
	15	0·115	123		15	0·130	147
	24	0·116	126		24	0·125	137

[1] Diese Werthe stellen den mittleren Gang von u_2 und v_2 vor, und würden, graphisch dargestellt, eine Curve geben, welche denjenigen analog wäre, die ich in meinen beiden Abhandlungen: Über die Abhängigkeit des Erdmagnetismus von der Rotation der Sonne (Sitz. Ber. 1871 Juni) und über den Einfluss der Electricität der Sonne auf den Barometerstand (Sitz. Ber. 1872 Mai) durch punktirte Curven dargestellt habe. Ich erwähne dies hier ausdrücklich, weil unter Anderem gerade die Schwierigkeiten, den mittleren Gang oder diese punktirten Curven nach einer gleichförmigen, durchaus befriedigenden und von jeder Willkürlichkeit freien Methode zu erhalten, die Fortsetzung dieser früheren Arbeiten verzögerten.

Diese Grössen wurden von Tag zu Tag interpolirt und von u_2 und v_2 abgezogen. Die Reste will ich u' und v' nennen: sie sind zur Untersuchung der Periode zu verwenden. Setzt man diese Periode T nacheinander gleich 24, 25, 26, 27, 28 Tage, so findet man auf dem bekannten Wege durch Übereinanderlegen der Oscillationen:

$T=$	u' in Einheiten der 3. Decimale					v' in Graden				
	24	25	26	27	28	24	25	26	27	28
$n=1$	− 4	+32	+ 1	− 6	− 4	+13	+ 1	−10	−25	+ 3
2	− 2	+ 6	−11	+ 4	+ 2	−15	− 1	−15	−10	− 7
3	+ 1	+12	+ 3	+28	− 1	+ 4	−12	−25	+10	− 2
4	+ 6	− 6	+ 6	+26	+ 3	− 5	−16	−17	−12	+ 4
5	− 1	+11	−21	+23	−23	− 5	− 8	+ 1	0	− 9
6	+ 3	+ 9	+ 2	+14	+ 6	+ 5	−13	− 5	− 5	+ 7
7	+20	+ 4	− 2	+ 4	− 5	−18	−14	− 5	− 4	+ 3
8	+22	−29	−44	+ 7	− 6	+ 4	+ 3	−21	− 4	+ 5
9	− 1	−22	+ 6	− 2	−11	+ 5	+ 8	+ 7	+ 3	− 5
10	+15	− 5	+ 2	+ 3	−13	− 2	− 3	+ 9	0	+ 7
11	+ 1	− 7	+42	−12	0	− 4	− 5	+14	+15	+ 6
12	+ 7	− 8	0	−20	−17	+ 1	−14	−25	0	+ 3
13	+10	−13	+ 9	−12	+10	− 7	− 1	− 5	+ 7	+ 1
14	+13	−11	+85	− 2	− 7	+ 4	+ 2	+18	− 3	+12
15	− 2	−15	−58	− 9	+ 7	−15	−10	−12	+ 6	+ 2
16	− 8	+ 6	+ 3	+ 3	−11	− 7	− 1	+ 7	+16	+ 2
17	−12	− 2	+32	−11	− 1	−18	− 5	0	+21	0
18	− 9	+ 5	−46	−17	−19	+12	+ 7	+30	+16	− 4
19	−10	− 5	− 9	− 4	+ 4	− 1	+17	+20	− 1	− 1
20	−22	− 3	+ 7	− 8	+ 5	+18	+22	+14	− 8	− 8
21	− 8	− 3	+ 9	− 2	− 2	+ 7	+ 5	+ 6	− 8	+ 9
22	−16	− 8	+21	− 4	+26	+ 4	−14	0	− 5	− 6
23	+ 2	+10	+15	+ 3	+ 5	+13	+16	−12	− 8	−20
24	−10	+26	−26	−16	+23	0	+12	+ 1	− 9	+ 9
25	....	+29	−30	+ 6	+13	....	+13	− 8	− 2	− 5
26	....	....	0	− 5	+ 9	....	....	+ 5	− 7	− 7
27	....	....	....	+ 3	+ 7	....	....	....	0	−13
28	....	....	....	....	− 3	....	....	....	....	−15
Summe $=\Sigma$	205	287	490	254	243	187	223	292	205	160
Red. Factor	$\frac{26}{24}$	$\frac{26}{25}$	1	$\frac{26}{27}$	$\frac{26}{28}$	$\frac{26}{24}$	$\frac{26}{25}$	1	$\frac{26}{27}$	$\frac{26}{28}$
Σ'	222	298	490	245	226	203	232	292	197	149

Man kann nun zur Ermittlung eines genaueren Werthes von T verschiedene Wege einschlagen, nämlich:

1. Wenn der Gang der u' und v' so regelmässig ist, dass innerhalb der angenommenen Dauer von T eine einzige einfache Oscillation mit nur Einem Maximum und Einem Minimum sich deutlich geltend macht, so kann man für u' und v' die Form annehmen

$$a_0+a_1 \sin (y+A_1)$$

und a_1 und A_1 berechnen. Jener Werth von T ist dann der wahrscheinlichste, für welchen a_1 ein Maximum wird. Zeigt die Oscillation einen minder einfachen Verlauf, so wird man mit der Form

$$a_0+a_1 \sin (y+A_1)+a_2 \sin (2x+A_2)$$

in der Regel ein genaueres Resultat erhalten.

2. Wenn aber der Gang von u' und v' so unregelmässig ist, dass innerhalb der angenommenen Dauer von T mehrere Maxima und Minima von sehr verschiedenem Betrage stattfinden, so dass von der eben gebrauchten periodischen Reihe viele Glieder beibehalten werden müssten, um die Functionen u' und v' mit einer gewissen Annäherung darzustellen; dann verliert die periodische Reihe ihre Brauchbarkeit. Ja es könnte der Fall eintreten, dass die Anwendung derselben bei Benützung von zu wenigen Gliedern ein bedeutend unrichtiges Resultat liefert. Dies findet gerade im vorliegenden Falle statt. Ich habe daher das folgende Verfahren substituirt, welches, wie ich glaube, bei vielen ähnlichen Untersuchungen gute Dienste leisten wird.

Ich habe nämlich für jeden der hypothetischen Werthe von T die Summe Σ der Werthe von u' oder v' genommen, ohne Rücksicht auf das Zeichen, und aus diesen Summen wegen der ungleichen Anzahl ihrer Summanden durch Reductionsfactoren neue Summen Σ' gebildet, welche sich auf eine gleiche Anzahl von Summanden beziehen.

Diese Summen Σ und Σ' sind in der vorhergehenden Tabelle der u' und v' zuletzt beigefügt.

Setzt man nun zur Abkürzung

$$T-26=\tau,$$

so kann man annehmen, dass Σ' eine Function von τ ist und man hat nach der Maclaurin'schen Formel

$$\Sigma=\alpha+\beta\tau+\gamma\tau^2+\ldots.$$

wo $\alpha\,\beta\,\gamma\ldots.$ leicht zu bestimmen sind. Ich nehme nun denjenigen Werth von τ als den wahrscheinlichsten an, welcher Σ' zu einem Maximum macht.

Noch muss eine Grösse gefunden werden, welche den Coëfficienten a_1, die Amplitude der Oscillation, oder a_2, die Amplitude der Doppeloscillation, u. s. f. zu ersetzen im Stande ist. Ich nehme unter der Voraussetzung, dass $M, M', \ldots.$ die Maxima, $m, m'\ldots.$ die Minima, und r die Anzahl der Maxima und Minima von u' oder v' bedeuten, einstweilen den Ausdruck

$$\sqrt{\frac{M^2+M'^2+\ldots.+m^2+m'^2+\ldots.}{r}}$$

an und nenne ihn die mittlere Amplitude von u_2 oder v_2, d. h. der Fluthstärke oder Fluthzeit.

Diese Methode ist ganz unabhängig vom Verlaufe der zu untersuchenden Erscheinung und ist auf Erscheinungen der complicirtesten Art anwendbar. Indem ich sie zuerst auf die Fluthstärke u' anwende, finde ich folgende Gleichungen:

$$\begin{aligned}
\alpha-2\beta+4\gamma &= 222\\
\alpha-\beta+\gamma &= 298\\
\alpha &= 490\\
\alpha+\beta+\gamma &= 245\\
\alpha+2\beta+4\gamma &= 226.
\end{aligned}$$

α wird am besten so bestimmt, dass die Summe der übrigbleibenden Fehler gleich Null wird [1].

---

[1] Siehe: Magnetische und meteorologische Beobachtungen in Prag, 30. Jahrgang (1869) Seite XXXV.

Dadurch erhält man

$$\alpha = -2\gamma + 296$$

und durch Substitution dieses Werthes in die vorhergehenden Gleichungen und Auflösung derselben nach der Methode der kleinsten Quadrate findet man

$$\beta = -4\cdot5 \qquad \gamma = -44\cdot8 \text{ (Einh. der 3. Dec.)}$$

und daher $\alpha = 386$, und durch Substitution in Σ'

$$\Sigma' = 0^{\tau}386 - 0^{\tau}0045\tau - 0^{\tau}0448\tau^2.$$

Die Bedingung des Maximums gibt

$$\tau = -0\cdot05 \text{ Tage oder } T = 25\cdot95 \text{ Tage.}$$

Mittlere Amplitude.....$0^{\tau}037$.

Die Grösse v' gibt ebenso

$$\Sigma' = 259° - 14°3\tau - 22°1\tau^2$$

woraus folgt: $T = 25\cdot68$ Tage.

Mittlere Amplitude....$16°5 = 1^h\,6^m$.

Im Mittel ergibt sich also die synodische Rotationszeit der Sonne $T = 25\cdot82$ Tage. Es ist wichtig, in Erinnerung zu behalten, dass die ganze Oscillation, welche oben das atmosphärische Ebbe- und Fluthglied genannt wurde, und aus welcher dieses Resultat abgeleitet ist, für Prag, vom Minimum bis zum Maximum gerechnet, durchschnittlich nur $^1/_5$ Pariser Linie oder $^1/_2$ Millimeter beträgt, sowie dass die mittlere Amplitude der Fluth während einer Sonnenrotation sich fast bis zu $^2/_3$ der ganzen Oscillation erhebt.

Es wird nicht uninteressant sein, die wichtigeren, bisher erhaltenen Bestimmungen der Rotationszeit der Sonne hier zusammenzustellen.

	synodisch	siderisch	
Aus astronomischen Beobachtungen:			
Faye aus Carrington's Sonnenflecken Beobachtungen[1]	27·05	25·19	Tage
Spörer aus Sonnenfleckenbeobachtungen[1]	26·32	24·54	„
Aus den magnetischen Variationsbeobachtungen:			
Broun, aus Beobachtungen in Makerstown, 1844, 1845	25·92	24·21	Tage
Broun, aus Beobachtungen in Greenwich, 1850—1851, 1868—70 . .	25·86	24·15	„
Hornstein, aus Beobachtungen in Prag, Wien, 1870	26·33	24·55	„
Hornstein, aus Beobachtungen in Petersburg, 1870[1]	26·24	24·46	„
Aus Barometerbeobachtungen:			
Hornstein, aus der täglichen Variation Prag, 1870	25·82	24·12	„
Broun, aus dem Tagesmittel in Singapore, 1841—45	25·83	24·13	„

Die von Herrn J. A. Broun gefundenen Resultate sind den Comptes rendus (Paris) Tome 76, pag. 695 u. s. w. entnommen.

Die schöne Übereinstimmung der Resultate, welche aus den Wirkungen der Sonne nach aussen abgeleitet sind, verdient gewiss besondere Beachtung. Auch ist hervorzuheben, dass fast alle bisher zusammengestellten Werthe der Rotationszeit der Sonne, welche auf dem eben erwähnten Wege gewonnen wurden, kleiner sind, als die aus den Sonnenfleckenbeobachtungen in der Äquatorialzone abgeleiteten Werthe. Über eine periodische Veränderlichkeit der Rotationszeit, wie solche von Herrn Broun und von mir angenommen wurde, liegen noch zu wenig sichere Daten vor. Sollte sich dieselbe bestätigen, so könnte sie möglicher Weise dazu dienen, unsere Kenntnisse über den Aggregationszustand der Sonne zu erweitern.

---

[1] Flecken der Äquatorialzone.

[2] Wird in einem der nächsten Sitz. Ber. mitgetheilt.

Vorläufig können folgende, aus den Wirkungen der Sonne auf das Barometer abgeleitete Thatsachen wohl als unzweifelhaft feststehend angesehen werden:

1. Die Stärke der täglichen atmosphärischen Ebbe und Fluth ist von den Vorgängen auf der Sonne abhängig, hat die längere nahe 70jährige Periode mit den Polarlichtern und Sonnenflecken gemein und erreicht mit ihnen zugleich das Maximum oder Minimum.

2. Die Stärke der atmosphärischen Ebbe und Fluth sowohl als auch die Fluthzeit zeigen eine Abhängigkeit von der Rotation der Sonne, welche so beträchtlich ist, dass mit Hilfe derselben die Rotationszeit der Sonne bestimmt werden kann.

3. Die jährliche Schwankung des Barometers hat die längere Periode mit den Polarlichtern und Sonnenflecken gemein und erreicht mit ihnen zugleich ihr Maximum und Minimum [1].

4. Auch der absolute Barometerstand zeigt nach den Untersuchungen von J. Broun eine Periodicität von 26 Tagen [2].

Ich schliesse diese Arbeit mit dem lebhaften Wunsche, es mögen die beiden folgenden Sätze, welche die leitenden Grundgedanken beim Beginn und während der Ausführung derselben bildeten, durch weitere Untersuchungen ihre volle Bestätigung finden:

1. Die Rotationszeit der Sonne lässt sich nicht blos auf geometrischem Wege, durch Beobachtung der Bewegungen der Sonnenflecke, sondern auch, und zwar auf sehr mannigfaltige Weise, durch die verschiedenen Wirkungen der Sonne nach aussen bestimmen. Wahrscheinlich liefert das letztere Verfahren genauere Resultate als die astronomischen Beobachtungen.

---

[1] Sitz. Ber. 1872 Mai.

[2] Comptes rendus (Paris) Tome 75, 76.

2. Die mit den Vorgängen auf der Sonne correspondirenden Wirkungen auf das Barometer können zu einer der wichtigsten Stützen der zum Theile schon von Euler angeregten, in neuester Zeit besonders von Edlund in sehr sinnreicher Weise vervollkommneten Ansicht über das Wesen der Electricität sich gestalten. Schon jetzt lässt sich ahnen, welche Einheit und Einfachheit die Erklärung vieler Gruppen von kosmischen Erscheinungen durch diese Theorie bieten würde.

Über ein allgemeines Theorem zur Berechnung der Wirkung magnetisirender Spiralen.

Von Prof. Dr. **A. v. Waltenhofen** in Prag.

(Mit 2 Holzschnitten.)

Im Hinblicke auf die zahlreichen und umfassenden Untersuchungen, welche zur Erforschung empirischer Gesetze über das Verhalten der Electromagnete unternommen worden sind, wird man zugestehen müssen, dass die Ausbeute an Resultaten von principieller Bedeutung und Anwendbarkeit eine verhältnissmässig sehr geringe ist.

Wenn man von den allerdings schon ziemlich genau festgestellten Beziehungen absieht, welche der Electromagnetismus als Function der magnetisirenden Stromstärke darbietet, — wenn man insbesondere in Betracht zieht, was man über die Abhängigkeit des Electromagnetismus von Form, Grösse und Lage der magnetisirenden Spiralen bisher auf experimentellem Wege ermittelt hat, so gelangt man zur Aufzählung einer Reihe von Erfahrungssätzen, die wohl zahlreich, aber durchwegs von der Art sind, dass sie theils wegen ihrer sehr beschränkten Giltigkeit, theils wegen ihrer, eine mathematische Formulirung ausschliessenden Unbestimmtheit den Namen von „Gesetzen" kaum verdienen.

In der That reichen diese sämmtlichen empirischen Gesetze zusammengenommen oft nicht einmal aus, um in einem gegebenen Falle ein Problem der einfachsten Art zu lösen, wie z. B. das folgende:

Man habe einen gegebenen Eisenstab mittelst einer gegebenen Drahtspirale magnetisirt und durch Versuche den Coëfficienten a in der Gleichung $y = ax$ ermittelt, welche innerhalb der

Grenzen der Giltigkeit des Lenz-Jacobi'schen Gesetzes[1] den Zusammenhang zwischen dem magnetischen Momente y und der Stromstärke x darstellt. Es soll nun der Coëfficient A der Gleichung $y = Ax$ berechnet werden, welche für denselben Stab bei Anwendung einer anderen Spirale von gegebenen Dimensionen innerhalb derselben Magnetisirungsgrenzen Geltung hat. — Die genannten Coëfficienten sind natürlich Functionen der Dimensionen der Spiralen und des Stabes und der Grössen, welche deren gegenseitige Lage bestimmen; die bisherigen Experimental-Untersuchungen geben aber über die Beschaffenheit dieser Functionen keinen Aufschluss, wenige ganz specielle Fälle ausgenommen.

So gestattet z. B. die Müller'sche Formel eine annähernde Beurtheilung des Einflusses der Weite und Länge der Spiralen[2], jedoch nur unter Voraussetzung einer einzigen den Stab eng umschliessenden Drahtlage und des die Giltigkeit der Müller'schen Formel überhaupt bedingenden Verhältnisses zwischen den Längen der Spirale und des Stabes, wodurch die Anwendung dieser Formel auf das vorliegende Problem ausgeschlossen ist.

Dasselbe gilt von den Sätzen, welche Dub für die Abhängigkeit des Electromagnetismus von den Dimensionen des Stabes gefunden hat[3], denn es soll ja im vorliegenden Falle von den Änderungen des Stabmagnetismus die Rede sein, welche durch Änderungen der Spirale bewirkt werden, während der magnetisirte Stab derselbe bleibt.

---

[1] Das ist, wie ich nachgewiesen habe, ungefähr bis zur halben Sättigung; mit Ausschluss sehr schwacher Magnetisirungen, bei welchen die Magnetismen bekanntlich rascher wachsen als die Stromstärken. (Diese Sitzb. Bd. 61. — Auch Pogg. Ann. Bd. 142.)

[2] In der Müller'schen Formel $y = \beta\gamma \operatorname{arctg} \frac{x}{\alpha\gamma^{\frac{1}{2}}}$, wobei γ das Stabgewicht bedeutet, hat (wie ich diese Sitzb. Bd. 59 u. Pogg. Ann. Bd. 137 nachgewiesen habe) β für alle Electromagnete denselben Werth. — Bezüglich α hat K. Domalip (Abhandlungen der k. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften VI. Folge, 5. Bd.) die Beziehungen zur Form der Spirale untersucht und angegeben, unter den soeben erwähnten einschränkenden Bedingungen.

[3] Dub. „Electromagnetismus" 1. Bd.

Unter dieser Voraussetzung ist man also, wenn es sich um empirische Gesetze handelt, auf die bereits von Lenz und Jacobi[1] nachgewiesenen und seither nicht wesentlich bereicherten Thatsachen beschränkt, welche den Einfluss einer Änderung der Anzahl, Weite und Anordnung der Drahtwindungen insofern beurtheilen lassen, dass man zwar im Allgemeinen über eine Zu- oder Abnahme des Magnetismus bei gleicher Stromstärke entscheiden kann, aber ohne dieselbe numerisch bestimmen zu können; und selbst dies nur in dem Falle, wenn die gleichzeitig an den Dimensionen der Spirale vorgenommenen Änderungen, deren Einfluss einzeln genommen der Grösse nach nicht bekannt ist, sämmtlich in gleichem Sinne wirken.

Eine Lösung des aufgestellten Problems ist also auch mit Hilfe der Lenz-Jacobi'schen Erfahrungssätze nicht möglich.

---

[1] Ich halte es für überflüssig, die bekannten höchst werthvollen Untersuchungen der genannten Physiker hier ausführlich aufzuzählen; nur zum Zwecke späterer Berufungen sei erinnert, dass deren Resultate auf folgende Hauptsätze sich zurückführen lassen:

I. Bei Eisenstäben, welche die Magnetisirungsspirale beiderseits weit überragen, ist der Electromagnetismus, unabhängig von der Weite und Anordnung der Windungen, ihrer Anzahl proportional.

II. Ist jene Bedingung hinsichtlich der Stablänge nicht erfüllt, so geht bei den Endwindungen ein Theil der magnetisirenden Kraft verloren und zwar

III. desto mehr, je weiter die Windungen sind.

(Diese Sätze werden in der betreffenden Abhandlung (Pogg. Ann. Bd. 47, S. 249) an einer die bezügliche Anwendung des Biot'schen Gesetzes erläuternden Zeichnung durch ein allgemeines, d. h. auf keine Rechnung eingehendes Raisonnement nachgewiesen und fanden ihre experimentelle Bestätigung in der Beobachtung, dass der Magnetismus eines Eisenkernes in verschiedenen Spiralen von gleicher Windungszahl bei gleicher Stromstärke ungleich und zwar in den weiteren Spiralen regelmässig etwas kleiner ausfiel).

Weitere Versuche mit Stäben, die nicht der ganzen Länge nach mit Spiralen bedeckt waren, zeigten ferner, was übrigens schon aus II. zu folgern wäre,

IV. dass die magnetisirende Wirkung einer Spirale abnimmt, wenn dieselbe von der Mitte des Stabes gegen ein Ende desselben verschoben wird.

(Siehe auch Dub, „Electromagnetismus" Bd. 1, S. 154—158; Feilitzsch, „Fernwirkungen u. s. w." S. 122; Wiedemann, „Galvanismus u. s. w." Bd. 2, S. 284.)

Ich fand mich daher veranlasst, dies auf theoretischem Wege zu versuchen, wobei ich jedoch sogleich bemerken will, dass ich, um die Aufgabe in voller Allgemeinheit zu lösen, von vornherein auf die Benutzung eines in dieser Richtung bereits gemachten ähnlichen Versuches verzichtet habe, den ich zunächst erwähnen muss.

Es kommt nämlich hier ein Lehrsatz in Betracht, der von Haedenkamp[1] für die anziehende und von Wassmuth für

---

[1] Die Grundlage dieses Satzes findet sich schon in einer früheren Abhandlung Haedenkamp's (1849, Pogg. Ann. Bd. 78). Dieselbe hat übrigens nur die Wirkung einer Spirale auf ein in der Axe liegendes Theilchen zum Gegenstande, um daraus weiterhin die Wirkung auf eine Magnetnadel abzuleiten. Von einer magnetisirenden Wirkung ist also hier gar nicht die Rede. Dagegen macht Haedenkamp in einer späteren Arbeit (1852, Crelle's Journal, Bd. 44, S. 83) von seinen Formeln „Anwendung auf die Wirkungen desjenigen Magnetismus, der durch die Einwirkung eines durch die Drahtspirale gehenden electrischen Stromes in weichem Eisen hervorgerufen wird". Diese (übrigens mit einigen Incorrectheiten behaftete) Abhandlung enthält auch einen Lehrsatz, nach welchem die Wirkung einer cylindrischen Magnetisirungsspirale auf einen cylindrischen Eisenkern durch die Dimensionen des Trapezes bestimmt wird, dessen parallele Seiten die Axe des Eisenkernes und eine Seite des Spiralen-Cylinders sind, indem jene Wirkung der Differenz der Summen der Diagonalen und der nicht parallelen Seiten dieses Trapezes proportional erscheint. — Zu diesem Trapeze gelangte auch Wassmuth in einer Abhandlung (1868; diese Sitzb. Bd. 57), welche durch eine Untersuchung über die Müller'sche Formel veranlasst war und Vergleichungen mit experimentellen Resultaten von Feilitzsch und mir enthält. Übrigens ist diese Arbeit Wassmuth's von der zuletzt erwähnten Haedenkamp's unabhängig, da mir selbst nur die ältere Haedenkamp'sche Rechnung bekannt war, als ich Herrn Wassmuth den Vorschlag machte, dieselbe mit der bereits von Lenz u. Jacobi angedeuteten Benutzung des Biot'schen Satzes bei seinen Untersuchungen über die Abhängigkeit des Stabmagnetismus von den Dimensionen der Spirale in Anwendung zu bringen. — In der That sind auch beide Probleme keineswegs identisch, denn in dem einen Falle handelt es sich um den (der Stromstärke proportionalen) erregten Stabmagnetismus und im anderen Falle um die auf diesen erregten Stabmagnetismus ausgeübte (dem Quadrate der Stromstärke proportionale) Wirkung der Spirale; oder, wie man auch sagen könnte, einerseits um die magnetisirende Kraft und anderseits um die Anziehung der Spirale auf weiches Eisen. —

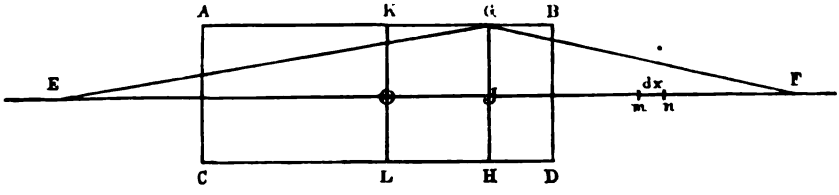
die magnetisirende Wirkung einer cylindrischen Drahtspirale auf einen in ihrer Axe befindlichen Eisenstab nachgewiesen, allerdings eine numerische Vergleichung der Wirkungen gegebener Spiralen auf einen gegebenen Stab gestattet.

Da jedoch dieser Lehrsatz nur für den speciellen Fall cylindrischer Drahtspiralen Geltung hat und anderseits wenig geeignet ist, in einfacher und übersichtlicher Weise weitere Folgerungen zu ergeben, habe ich einen anderen Weg eingeschlagen.

In der That bin ich dabei zu einem sehr einfachen Theorem gelangt, welches viel allgemeiner und übersichtlicher und auch seiner Form wegen zu weiteren Anwendungen auf dem Wege der Rechnung oder des graphischen Verfahrens besser geeignet ist als das Haedenkamp'sche Trapez.

Um diesen Satz, dessen Giltigkeit vorerst nur für einen sehr dünnen, in der Axe der Magnetisirungsspirale befindlichen Stab beansprucht werden soll, abzuleiten, denken wir uns (Fig. 1) eine Magnetisirungsspirale *ABCD* [1] und deren Axe, z. B.

Fig. 1.



von *E* bis *F*, mit magnetisirbaren Theilchen stetig und gleichförmig besetzt. Wir betrachten zunächst eine Windung bei *GH* vom Radius $JG = R$ [2] im Abstande $OJ = a$ vom mittleren Querschnitte *KL* und fassen die Wirkung dieser Windung auf ein Element $mn = dx$ der Axe ins Auge, welches sich im Abstande $Om = x$ von der Mitte der Spirale, also im Abstande $Im = x - a$

[1] Die Zeichnung stellt der Einfachheit wegen beispielsweise eine cylindrische Spirale vor; aus der Ableitung unseres Satzes wird jedoch unmittelbar einleuchten, dass dessen Giltigkeit eine allgemeinere ist.

[2] Wir bezeichnen damit im Sinne der üblichen abgekürzten Ausdrucksweise den Radius des der betrachteten Windung hinsichtlich der hier in Rechnung kommenden Action entsprechenden Ampère'schen Kreises (Recueil d'observations électrodynamiques).

von der besagten Windung, die wir hinsichtlich der hier in Betracht kommenden Action als einen Stromkreis auffassen, befinden mag.

Wir erinnern uns ferner, dass ein solcher Stromkreis auf ein Theilchen der Axe, wenn solches schon mit einer magnetischen Quantität mdx [1] behaftet wäre, eine axiale Kraft vom Betrage

$$dp = 2mS.\pi R^2 \frac{dx}{[R^2+(x-a)^2]^{\frac{3}{2}}}$$

ausüben würde, wobei S die Stromstärke nach Weber's electromagnetischer Einheit bedeutet, und nehmen an, dass diese Kraft umgekehrt auch das Mass der magnetischen Quantität dM sei, welche durch die Action des betrachteten Kreisstromes im Elemente dx der mit unmagnetischen Eisentheilchen besetzten Axe erregt wird. Wir gelangen sonach zur Gleichung

$$dM = CSR^2 \frac{dx}{[R^2+(x-a)^2]^{\frac{3}{2}}},$$

wobei C eine von der Magnetisirbarkeit des linearen Eisenkernes abhängige Constante vorstellt. Für die ganze Ausdehnung desselben erhalten wir

$$M = CSR^2 \int_{-L_1}^{+L_2} \frac{dx}{[R^2+(x-a)^2]^{\frac{3}{2}}},$$

wenn wir die Strecken OE und OF beziehungsweise mit L_1 und L_2 bezeichnen, also

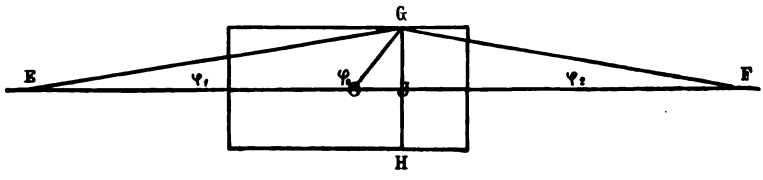
$$M = CSR^2 \int_{-L_1}^{+L_2} \frac{dx}{[R^2+a^2-2ax+x^2]^{\frac{3}{2}}} = CS\left[\frac{L_2-a}{\sqrt{R^2+(L_2-a)^2}} + \frac{L_1+a}{\sqrt{R^2+(L_1+a)^2}}\right].$$

Wir erkennen sofort eine sehr einfache geometrische Bedeutung dieses Integrals.

[1] Die Quantität m für die Längeneinheit angenommen.

Sein Werth wird gemessen durch die Summe der Cosinus der beiden Winkel $GFJ = \varphi_2$ und $GEJ = \varphi_1$ (Fig. 2), welche die von einem Punkte der Peripherie des betrachteten Strom-

Fig. 2.



kreises nach den Enden des linearen Eisenkernes gezogenen Geraden mit demselben einschliessen. Man hat also auch

$$M = CS\,(\cos\varphi_2 + \cos\varphi_1).$$

Diese Relation gilt ganz allgemein; auch für den Fall, dass z. B. der Eisenkern nicht beiderseits aus der Spirale hervorragt. In der That, betrachten wir zunächst nur die Wirkung auf den Theil EO des Eisenkernes, so erhalten wir dafür, von der obigen allgemeinen Formel ausgehend,

$$M_1 = CSR^2 \int_{-L_1}^{0} \frac{dx}{[R^2+(x-a)^2]^{\frac{3}{2}}} = CS\left[\frac{L_1+a}{\sqrt{R^2+(L_1+a)^2}} - \frac{a}{\sqrt{R^2+a^2}}\right],$$

das ist

$$M_1 = CS\,(\cos\varphi_1 - \cos GOJ) \text{ oder}$$
$$M_1 = CS\,(\cos\varphi_1 + \cos\varphi_0),$$

wenn wir den stumpfen Winkel GOE mit φ_0 bezeichnen.

Für den Theil OF des Eisenkernes erhält man in gleicher Weise

$$M_2 = CSR^2 \int_{0}^{+L_2} \frac{dx}{[R^2+(x-a)^2]^{\frac{3}{2}}} = CS\left[\frac{L_2-a}{\sqrt{R^2+(L_2-a)^2}} + \frac{a}{\sqrt{R^2+a^2}}\right],$$

das ist

$$M_2 = CS\,(\cos\varphi_2 + \cos GOJ) \text{ oder}$$
$$M_2 = CS\,(\cos\varphi_2 + \cos(\pi-\varphi_0)).$$

Die Summe von M_1 und M_2 gibt natürlich wieder den obigen Ausdruck für M.

Aus der Bedingungsgleichung

$$\frac{dM}{da} = CSR^2\left[\frac{1}{[R^2+(L_1+a)^2]^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{[R^2+(L_2-a)^2]^{\frac{3}{2}}}\right] = 0^1$$

also $L_1+a = L_2-a$ oder $EJ = JF$; und mit Rücksicht auf das negative Vorzeichen des zweiten Differentialquotienten erhellet, dass eine Spiralwindung das Maximum der Wirkung ausübt, wenn sie in der Mitte des Eisenkernes sich befindet. Die Wirkung ist dann, wenn man für die ganze Stablänge L setzt,

$$M = CS\frac{L}{\sqrt{R^2+\frac{L^2}{4}}}.$$

Mit der Verschiebung gegen das eine oder andere Stabende hin nimmt die Wirkung ab. Für die Windungen an den Enden des Stabes ($a = -L_1$ oder $a = +L_2$) ergibt sich

$$M_{e_1} = M_{e_2} = CS\frac{L}{\sqrt{R^2+L^2}}.$$

Durch diese Folgerungen werden die Lenz-Jacobi'schen Angaben bezüglich der Endwindungen (siehe die bezügliche Anmerkung, Sätze II und III) näher präcisirt; man erhält nämlich

$$\frac{M}{M_e} = \sqrt{\frac{R^2+L^2}{R^2+\frac{L^2}{4}}} \gtrless 2$$

je nachdem R gegen L sehr klein ist oder nicht. Auch Satz IV, den Einfluss der Verschiebung einer Spirale auf dem Stabe betreffend, findet in diesen Formeln seine unmittelbar einleuchtende theoretische Begründung.

[1] Man bemerkt, dass $\frac{dM}{da} = CSR^2\left(\frac{1}{d_1^3} - \frac{1}{d_2^3}\right)$ ist, wenn man die Abstände EG und FG beziehungsweise mit d_1 und d_2 bezeichnet.

Für die Endwindungen der Spirale ($a = \pm h$) hat man, wenn die halbe Länge der Spirale mit h bezeichnet wird,

$$M' = CS\left[\frac{L_2+h}{\sqrt{R^2+(L_2+h)^2}} + \frac{L_1-h}{\sqrt{R^2+(L_1-h)^2}}\right]$$

$$M^* = CS\left[\frac{L_2-h}{\sqrt{R^2+(L_2-h)^2}} + \frac{L_1+h}{\sqrt{R^2+(L_1+h)^2}}\right],$$

für eine Windung in der Mitte der Spirale ($a = o$) aber

$$M'' = CS\left[\frac{L_2}{\sqrt{R^2+L_2^2}} + \frac{L_1}{\sqrt{R^2+L_1^2}}\right].$$

Je kleiner h im Vergleiche mit L_1 und L_2 ist, desto weniger unterscheiden sich die Wirkungen M' und M^* der Endwindungen von einander und von der Wirkung M'' einer mittleren Windung, und desto genauer wird also auch die magnetisirende Kraft der Spirale der Windungszahl proportional [1] (Satz I von Lenz und Jacobi).

Bei der Ableitung des Satzes

$$M = CS\,(\cos\varphi_2 + \cos\varphi_1),$$

aus welchem alle diese Folgerungen hervorgegangen sind, war zunächst nur ein „linearer", d. h. unendlich dünner Eisenkern vorausgesetzt. Man kann diesen Satz und seine Folgerungen aber auch sofort auf homogene prismatische oder cylindrische Stäbe von endlicher Dicke ausdehnen, indem man als deren Endpunkte die Endpunkte ihrer Längenhauptaxe (bei cylindrischen Stäben also ihrer geometrischen Axe) betrachtet und diese Axe als in der Axenrichtung der Spirale liegend annimmt.

Die schon von vornherein wahrscheinliche Zulässigkeit dieser Ausdehnung unserer Lehrsätze auf Stäbe von endlicher

[1] Dies gilt nicht nur für einen die Spirale beiderseits weit überragenden Stab, sondern auch für den allerdings practisch bedeutungslosen Fall, dass sich der Stab EF sehr weit ausserhalb der Spirale (in deren Axenrichtung) befände, wo dann ebenfalls $EO = L_1$ und $FO = L_2$ gegen h verhältnissmässig sehr gross sein können.

Dicke stützt sich insbesondere auf die Thatsache, dass das magnetische Moment eines Stabes kaum merklich beeinflusst wird, wenn der Stab, mit Beibehaltung einer axenparallelen Lage, selbst ziemlich bedeutende transversale Verschiebungen innerhalb der Magnetisirungsspirale erleidet[1]. Am besten aber wird unsere Annahme constatirt sein durch die Übereinstimmung, welche sich herausgestellt hat bei der Vergleichung von Spiralwirkungen, wie sie unter dieser Annahme nach unserem Lehrsatze berechnet worden sind, mit den wirklich beobachteten, wovon später die Rede sein soll.

Um darauf eingehen zu können und zugleich den Satz, den wir bisher nur auf einzelne Drahtwindungen bezogen haben, zu verallgemeinern, wollen wir nunmehr die Gesammtwirkung einer beliebigen Magnetisirungsspirale in Betracht ziehen, die wir hinsichtlich ihrer axialen magnetischen Action als ein System von Stromkreisen mit gemeinschaftlicher Axe auffassen können.

Wenden wir sofort auf jede einzelne Windung den Satz an

$$M = CS\,(\cos\varphi_2 + \cos\varphi_1),$$

wobei C vermöge der obigen Ableitung, von R unabhängig, für alle Windungen denselben Werth hat, so erhält man der Reihe nach:

$$M' = CS\,(\cos\varphi'_2 + \cos\varphi'_1)$$
$$M'' = CS\,(\cos\varphi''_2 + \cos\varphi''_1)$$
$$M''' = CS\,(\cos\varphi'''_2 + \cos\varphi'''_1)$$

u. s. w., folglich

$$\Sigma M = CS.\Sigma\cos\varphi.$$

Es gibt sonach folgendes Theorem:

„Die magnetisirende Kraft einer Spirale ist proportional dem Producte der Stromstärke mit der Summe der Cosinus aller Winkel, welche die in der Ebene eines axialen Schnittes von einem Punkte

[1] Diese Thatsache erhellet hinlänglich aus meinen „electromagnetischen Untersuchungen"; vornehmlich aus den in der zweiten Abhandlung (diese Sitzb. Bd. 61) behandelten Versuchen mit discontinuirlichen Eisenmassen.

jeder Windung zu den Endpunkten der Axe des magnetisirten Stabes gezogenen Geraden mit derselben einschliessen.“

Die grössere Allgemeinheit [1] und bessere Übersichtlichkeit dieses Satzes im Vergleiche mit der oben angeführten Haedenkamp'sche Construction liegt vor Augen.

Die Geschmeidigkeit der eben abgeleiteten höchst einfachen Cosinus-Formel, sowohl für Rechnungen als auch für graphische Methoden, macht selbst die complicirtesten Probleme übersichtlich und einer numerischen Lösung zugänglich und gibt zugleich mit Leichtigkeit Aufschluss über viele bisher in mühsamen Experimentaluntersuchungen behandelte Fragen über den Einfluss der Form, Grösse und Lage der magnetisirenden Spirale.

Es soll nun auch die Anwendung dieser Formel an einem Beispiele gezeigt werden. Von besonderem Interesse ist der Fall einer cylindrischen Magnetisirungsspirale, den wir schon deshalb in nähere Betrachtung ziehen wollen, weil sich dabei die Beziehungen zwischen unserem Lehrsatze und jenem von Haedenkamp und Wassmuth klar herausstellen werden.

Zu dem Ende kehren wir zurück auf den Ausdruck

$$M = CS\left[\frac{L_2-a}{\sqrt{R^2+(L_2-a)^2}} + \frac{L_1+a}{\sqrt{R^2+(L_1+a)^2}}\right]$$

welcher die Action einer im Abstande a von der Mitte der Spirale befindlichen Drahtwindung repräsentirt und auch in der Form

$$\frac{M}{CS} = f(a)$$

dargestellt werden kann, wenn wir die Cosinus-Summe innerhalb der Klammern mit $f(a)$ bezeichnen.

Es sei nun zunächst eine cylindrische Drahtlage von t Windungen gegeben: zur Ermittelung ihrer Gesammtwirkung wird es zuvörderst auf die Auswerthung der Cosinus-Summe

---

[1] Der Satz gilt offenbar nicht blos für cylindrische, sondern z. B. auch für conische oder beliebigen Rotationsflächen entsprechende Drahtspiralen.

$$\frac{\Sigma M}{CS} = \Sigma \cos\varphi = f(a_1)+f(a_2)+ \cdot \cdot \cdot +f(a_t),$$

die wir kurz mit Σ bezeichnen wollen, ankommen.

Wir können uns immerhin einen Werth von $a = \alpha$ so gewählt denken, dass er der Bedingung

$$tf(\alpha) = f(a_1)+f(a_2)+ \cdot \cdot \cdot +f(a_t)$$

Genüge leistet. Wir bestimmen sodann diesen Werth α (welche Aufgabe man sich auch auf eine Quadratur zurückgeführt denken kann) mittelst des Integrals

$$\int f(a)da,$$

indem wir, die Bezeichnung $2h$ für die Länge der Spirale beibehaltend, schreiben

$$2hf(\alpha) = \int_{-h}^{+h} f(a)da, \text{ also } \Sigma = tf(\alpha) = \frac{t}{2h}\int_{-h}^{+h} f(a)da,$$

oder, mit Rücksicht auf die angegebene Bedeutung von $f(\alpha)$

$$\Sigma = tf(\alpha) = \frac{t}{2h}\int_{-h}^{+h}\left[\frac{L_2-a}{\sqrt{R^2+(L_2-a)^2}} + \frac{L_1+a}{\sqrt{R^2+(L_1+a)^2}}\right]da.$$

Mit Weglassung der bei der Ausführung dieser Integration sich aufhebenden Theile reducirt sich das (den Werth $2hf(\alpha)$ vorstellende) Integral auf die vier im allgemeinen verschiedenen und zu je zweien mit entgegengesetzten Vorzeichen behafteten Wurzelgrössen, welche der nachstehende Ausdruck, mit Voranstellung der positiven Grössen, eingeklammert enthält. Wir erhalten nämlich

$$\Sigma = tf(\alpha) = \frac{t}{2h}\left[\sqrt{R^2+(L_1+h)^2} + \sqrt{R^2+(L_2+h)^2}\right.$$
$$\left. - \sqrt{R^2+(L_1-h)^2} - \sqrt{R^2+(L_2-h)^2}\right]$$

wofür wir zur Abkürzung die symbolische Schreibweise

$$\Sigma = tf(\alpha) = \frac{t}{2h}\left[W_{+h}+W_{-h}-W_{-h}-W_{+h}\right]$$

gebrauchen wollen, in welcher die Indices die eingesetzten Integrationsgrenzen andeuten, welche den vorstehend eingeklammerten Wurzelgrössen der Reihe nach entsprechen.

Offenbar sind W'_{+h} u. W''_{-h} die beiden Diagonalen und W''_{-h} u. W'_{+h} die beiden nicht parallelen Seiten des Haedenkamp'schen Trapezes und somit die soeben besprochene Gleichung zugleich der Ausdruck der zwischen diesem Trapeze und unserem Lehrsatze bestehenden Beziehungen.

Berücksichtigt man noch, dass $\Sigma M = CS.\Sigma \cos \varphi$, oder, in unserer abgekürzten Schreibweise, $\Sigma M = CS.\Sigma$, so ergibt sich der Ausdruck für den Stabmagnetismus

$$\Sigma M = \frac{CSt}{2h}\,[W'_{+h} + W''_{-h} - W'_{-h} - W''_{+h}],$$

welchen Wassmuth (l. c. S. 445) in der Form

$$M = \frac{qni\pi}{l}\,[(h_1 - H_1) - (h_2 - H_2)]$$

geschrieben hat, worin die beiden Diagonalen mit h_1 und H_2, die beiden nicht parallelen Seiten mit h_2 und H_1 bezeichnet sind, während M, n, i und l beziehungsweise die Grössen ΣM, t, S und h unserer Formeln vorstellen. In der Haedenkamp'schen Formel (Crelle's Journ. Bd. 44, S. 85) für die Spiralanziehung erscheint dagegen die zweite Potenz der Stromstärke aus bereits oben erörterten Gründen.

Nachdem somit gezeigt worden ist, wie sich der Trapez-Satz aus dem allgemeineren Cosinus-Satze ableiten lässt und als Folgerung desselben für den speciellen Fall einer cylindrischen Drahtspirale erscheint, kehren wir wieder zu unserer Aufgabe zurück: ein specielles Beispiel zu berechnen und die Rechnung mit Versuchsresultaten zu vergleichen.

Die erste Abhandlung meiner „electromagnetischen Untersuchungen" (Sitzb. Bd. 52) enthält Versuche mit zwei Spiralen, deren jede aus 6 Lagen 3^{mm} dicken übersponnenen Kupferdrahtes von je 24 Windungen bestand. Die Länge betrug bei jeder Spirale 91^{mm}, der innere und äussere Durchmesser bei der einen (I), beziehungsweise 30^{mm} und 73^{mm}, bei der zweiten (II) beziehungsweise 9^{mm} und 52^{mm}. Hieraus ergeben sich für die

Radien R_1 bis R_6 der Drahtlagen (von Mitte zu Mitte des Drahtes) folgende Werthe:

	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
Spirale I	16·8	20·4	23·9	27·5	31·1	34·7
Spirale II	6·3	9·9	13·4	17·0	20·6	24·2

In beiden Spiralen wurde ein und dasselbe Eisenstäbchen, 103^{mm} lang und $4·1^{mm}$ dick, magnetisirt, und zwar immer so, dass es beiderseits gleich weit aus der Spirale hervorragte.

Die Formel für Σ vereinfacht sich in diesem Falle wegen $L_1 = L_2 = H$ in der Art, dass $W_{+h} = W_{-h}$ und $W_{-h} = W_{+h}$ wird, indem wir erhalten:

$$\Sigma = \frac{t}{h}\left[\sqrt{R^2+(H+h)^2} - \sqrt{R^2+(H-h)^2}\right].$$

Misst man $2h$ von Mitte zu Mitte des Drahtes der Endwindungen, so erhält man mit Rücksicht auf die Drahtdicke $h = \frac{87·21}{2} = 43·6$; da ferner $H = \frac{103}{2} = 51·5$ und $t = 24$, so ergibt sich die für beide Spiralen passende Formel

$$\Sigma = 0·55\left[\sqrt{R^2+(95·1)^2} + \sqrt{R_2+(7·9)^2}\right].$$

Mittelst derselben findet man, die Werthe von Σ für die aufeinanderfolgenden 6 Drahtlagen jeder Spirale der Reihe nach mit $\Sigma_1, \Sigma_2, \ldots \Sigma_6$ und deren Summe mit (Σ) bezeichnend, folgende Zahlen:

	Σ_1	Σ_2	Σ_3	Σ_4	Σ_5	Σ_6	(Σ)
Spirale I	42·96	41·47	40·09	38·72	37·34	35·97	236·55
Spirale II	46·91	45·65	44·27	42·95	41·41	39·98	261·17

Die magnetisirenden Wirkungen beider Spiralen stehen demnach im Verhältnisse

$$\frac{(\Sigma)_I}{(\Sigma)_{II}} = \frac{236·55}{261·17}.$$

Berechnet man nun aus den bei der Magnetisirung des oben erwähnten Stabes mittelst der Spirale I für die Stromstärken x

(folgende Tabelle) erhaltenen Momenten y (deren Einheiten in der oben citirten Abhandlung näher bezeichnet sind) die nach der vorstehenden Entwicklung der Spirale II für denselben Stab und dieselben Stromstärken entsprechenden Momente

$$y' = \frac{261 \cdot 17}{236 \cdot 55} y$$

und vergleicht sie mit den wirklich beobachteten, so erhält man nachstehende Ergebnisse, welche zugleich die Lösung des in der Einleitung besagten Problems an einem Beispiele zeigen.

$x =$	2	4	6	8	
$y =$	1·82	3·62	5·65	7·64	beobachtet, Spirale I,
$y' =$	2·01	4·00	6·24	8·44	berechnet, } Spirale II.
	2·15	4·17	6·29	8·30	beobachtet, }

Die Übereinstimmung ist befriedigend. Die Differenzen kommen überdies zum Theile auf Rechnung der kleinen Unregelmässigkeiten in den Windungen, die selbst bei der sorgfältigsten Herstellung einer Magnetisirungsspirale unvermeidlich sind.

Die bei grösseren Stromstärken ($x = 10$ u. $x = 15$) noch vorgenommenen und in meiner citirten Abhandlung angeführten Beobachtungen konnten in diese Vergleichung nicht mehr mit einbezogen werden, da sie bereits ausserhalb der Proportionalitätsgrenzen zwischen Magnetismus und Stromstärke liegen. Dass aber unser Theorem nur innerhalb dieser Grenzen Geltung haben kann, ist vermöge seiner Ableitung auf Grundlage des Biot-Savart'schen Gesetzes selbstverständlich.

Dabei darf nicht übersehen werden, dass jene Proportionalität eine obere und eine untere Grenze hat; eine obere, über welche hinaus der Quotient $\frac{y}{x}$ abnimmt, und eine untere, bis zu welcher er bei beginnender Magnetisirung wächst. Letzteres erklärt die Hypothese drehbarer Molecularmagnete[1] sehr ein-

[1] Die Erklärung der schon von Lenz selbst beobachteten Zunahme der Werthe $\frac{y}{x}$ bei beginnender Magnetisirung als Folge einer Wechselwirkung der magnetischen Molecüle rührt meines Wissens von Wiedemann her, dessen höchst instructive Beobachtungen über den Torsionsmagnetismus eine solche Wechselwirkung kaum bezweifeln lassen.

fach, wenn man erwägt, dass neben der Action des Stromes auf die Molecüle auch Actionen der Molecüle aufeinander in der Weise zur Geltung kommen, dass die unmittelbar durch den Strom bewirkten Drehungen durch die Wechselwirkung der Molecüle unter sich vergrössert, d. i. weiter fortgesetzt werden, weshalb eine etwas stärkere Magnetisirung resultirt, als dem magnetisirenden Strome für sich allein entsprechen würde. — Auf diese secundäre Wirkung, die übrigens nur bei geringen Magnetisirungen merklich hervortritt, ist bei der Ableitung unseres Lehrsatzes keine Rücksicht genommen.

XII. SITZUNG VOM 24. APRIL 1873.

Der Präsident gedenkt in einer Ansprache des am 18. April erfolgten Ablebens des ausländischen Ehrenmitgliedes der Classe, des Herrn Dr. Justus Freiherrn von Liebig.

Sämmtliche Anwesende geben ihr Beileid durch Erheben von den Sitzen kund.

Herr Dr. J. Barrande dankt mit Schreiben vom 20. April für die ihm zur Fortsetzung seines Werkes: „Système silurien du centre de la Bohême" neuerdings bewilligte Subvention von 1500 fl.

Herr Prof. Dr. Jul. Wiesner übersendet eine Abhandlung: „Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung des *Penicillium glaucum*".

Herr Hofrath Dr. E. Ritter v. Brücke überreicht eine von dem stud. med. Herrn Julius Mauthner in seinem physiologischen Institute ausgeführte Arbeit, betitelt: „Über den mütterlichen Kreislauf in der Kaninchenplacenta mit Rücksicht auf die in der Menschenplacenta bis jetzt vorgefundenen anatomischen Verhältnisse".

Das c. M. Herr Dr. Julius Hann legt eine Abhandlung: „Über die Wärmeabnahme in der Höhe im asiatischen Monsumgebiete" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Abich, A., Materialien zur Zusammenstellung einer Klimatologie des Kaukasus. III. Abthlg. I. Band, 1. Lieferung. Tiflis, 1871; gr. 8°. (Russisch.)

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei: Atti. Anno XXVI, Sess. III^a. Roma, 1873; 4°.

Annalen der Chemie & Pharmacie von Wöhler, Liebig, Kopp, Erlenmeyer und Volhard. N. R. Band XC, Heft 3. Leipzig & Heidelberg, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt.) 11. Jahrgang, Nr. 12. Wien, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 14. Paris, 1873; 4°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 7—8. Wien, 1873; 4°.

— physikal.-medicin., in Würzburg: Verhandlungen. N. F. III. Band, 4. (Schluss-)Heft. Würzburg, 1872; 8°.

— neurussische, der Naturforscher zu Odessa: Memoiren. I. Band, 2. & 3. Lieferung. Odessa, 1872 & 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 16. Wien, 1873; 4°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXIX, Heft 2. Speyer, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 8. Graz, 1873; 4°.

Maschek, Luigi, Manuale del regno di Dalmazia per l'anno 1872 & 1873. Zara, 1872 & 1873; 8°.

Moritz, A., Alphabetischer Index der vorzüglichsten Städte und Ansiedlungen auf den Kaukasischen Karten. Tiflis, 1871; gr. 8° (Russisch.) — Schemacha und seine Erdbeben. Tiflis, 1872; 8°.

Nature. Nr. 181, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VIII. Nr. 1. Torino, 1873; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 6. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIe Année, 2e Série, Nr. 42. Paris, 1873; 4°.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette Médicale d'Orient. XVIe Année, Nr. 12. Constantinople, 1873; 4°.

Tommasi, D., Sur une combinaison de l'urée avec l'acétyle chloré. Paris, 1873; 4°.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftl. Veterinärkunde. XXXIX. Band, 1. Heft. Wien, 1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 16. Wien, 1873; 4°.

Über die Wärmeabnahme mit der Höhe im asiatischen Monsungebiet.

Von dem c. M. Dr. **J. Hann.**

Vor einiger Zeit habe ich in diesen Sitzungsberichten[1] eine Untersuchung veröffentlicht über die Temperaturabnahme mit der Höhe in den untersten atmosphärischen Schichten. Das Materiale hiefür lieferten die nun ziemlich dichten meteorologischen Beobachtungsnetze der mitteleuropäischen Staaten, vornehmlich aber jenes der Schweiz. Selbst dort jedoch genügen nur wenige Stationen der Anforderung möglichst geringer horizontaler Entfernung bei beträchtlichem Höhenunterschiede. Die günstigste Lage haben Chaumont und Neuenburg, für welche bei einer Höhendifferenz von 662 Meter die Verbindungslinie der Thermometer mit dem Horizont einen Winkel von 11°2 bildet. Hingegen liegt Rigiculm nur 7° über Zug, der Gotthard nur 5°1 über Andermatt und der Bernhard nur 3°7 über Martigny[2].

Es war mir darum sehr willkommen, als ich unter den neueren Beobachtungsergebnissen aus den englischen Besitzungen in Asien, die ich der Freundlichkeit des Hrn. R. H. Scott, Director des Meteorological Office in London, verdanke, welche fand, die sich in dieser Beziehung noch günstiger erwiesen. Die Station „Block House, Victoria Peak" auf der Insel Hongkong liegt 514 Meter über dem Hafenamt Praya West und 506 Meter über der Station des Government Civil Hospital der Stadt Victoria. Aus einer guten Specialkarte konnte ich die horizontale Entfer-

---

[1] Band LXI. II. Abth. Jännerheft 1870: Die Wärmeabnahme mit der Höhe an der Erdoberfläche und ihre jährliche Periode.

[2] Hirsch: Die Temperaturabnahme mit der Höhe in der Schweiz. Schweiz. meteorol. Beobachtungen. VI. Bd. 1869.

nung auf ungefähr 1298 Meter veranschlagen, und dies gibt eine Winkelerhebung von 21°6, fast doppelt so gross als die von Chaumont über Neuenburg [1].

Diese so überaus günstige Lage musste um so mehr auffordern, die Wärmeabnahme mit der Höhe auf dieser Insel aufzusuchen, als mir sonst gar keine tropischen Stationen bekannt sind, welche nur annähernd der früher angeführten Anforderung entsprechen würden. Die Stationen auf den Andes von Süd-Amerika und Mexiko, welche den Untersuchungen Humboldt's und Boussingault's zu Grunde liegen, sowie auch jene in Himalaya und den Ghats, welche H. v. Schlagintweit in dieser Richtung benützt hat, liegen meist in ungemein grosser horizontaler Entfernung von den verglichenen Stationen der Niederung. Besonders aber sind es die oft grossen Unterschiede in der Menge und Jahresperiode der Niederschläge, welche, wie ich zeigen werde, sehr wesentlich die Resultate beeinflussen.

Die Insel Hongkong liegt gerade an der Grenze der eigentlichen Tropenzone unter 22° n. Br. Die Jahresperiode der Winde und der Regen ist aber noch völlig die des indischen Monsungebietes. Vom October bis März herrscht der NO. Monsun, vom Mai bis September der SW. Monsun. Während dieser Zeit fallen 80 Percent der ganzen jährlichen Regenmenge, die zwischen 70 und 80 engl. Zoll beträgt; auf die eigentlichen Wintermonate December bis Februar kommen nur 3 Percent. Die drei Sommermonate zählen durchschnittlich jeder 17 Regentage.

Das Hauptinteresse knüpfte sich für mich an die Beantwortung der Frage: welchen Einfluss hat die Regenzeit auf die Temperaturabnahme mit der Höhe? Gerade jetzt, da man die bei dem Condensationsprocess des atmosphärischen Wasserdampfes frei werdende Wärme als ein wichtiges meteorologisches Agens anzusehen geneigt ist, gewinnt dieselbe erhöhtes Interesse. Bekanntlich hat H. v. Schlagintweit zum Behufe der Construction seiner Isothermenkarte von Ostindien die dortige Wärmeabnahme mit der Höhe zu ermitteln gesucht. Er fand,

---

[1] Petermann's Geogr. Mitth. Jahrg. 1858. Tafel 2, der Cantonstrom, im Maassstabe von 1 : 450000. Ich habe die Entfernung der Stadt Victoria vom Gipfel des Peak gemessen, der die Station zu überragen scheint.

dass dieselbe zur Regenzeit am grössten ist [1]. Auf deductivem Wege wäre man wohl zu dem entgegengesetzten Schlusse gekommen, denn die ausserordentlichen Mengen von Wasserdampf, welche während der Regenzeit über Ostindien zur Condensation gelangen, müssen den höheren Luftschichten enorme Quantitäten von Wärme zuführen. Dieser Widerspruch kann aber auch nur ein scheinbarer sein. Es ist uns eben keine Gelegenheit geboten, die Wärme dieser höheren Luftschichten frei von localen Störungen zu ermitteln. Eine solche Störung wird bedingt durch die oft ungeheuere Zunahme des Regenfalles mit der Höhe, d. h. an den Bergabhängen. Die Regen erniedrigen die Temperatur; die heisseste Zeit tritt darum in Ostindien unmittelbar vor dem Beginn der heftigen Regen ein, also meist im April und Mai, auch dort, wo die Sonne erst im Juni ihren höchsten Stand erreicht. Je intensiver die Regen, desto grösser die Wärmedepression. Zu Mahabalésvar, 18° n. Br., 4300 Fuss Seehöhe in den West-Ghats, ist die Temperatur der drei Regenmonate Juli, August, September 63°4 F., während die der drei trockenen Wintermonate 64°5 F. ist. Wir müssen hier wie auch noch anderwärts die Condensationswärme erst in höheren atmosphärischen Schichten suchen. Wir haben aber von dort keine Wärmebestimmungen. Es wäre aber immerhin möglich, dass die „ganz ungewöhnlich starke locale Vermehrung der Wärme" (H. v. Schlagintweit) im tibetanischen Hochlande während der Sommerregenzeit des Südabhanges des Himalaya zum Theile wenigstens aus dieser Quelle stammt. Ein anderer störender Umstand liegt oft darin, dass die mit einem Küstenpunkt verglichene Bergstation ihren stärksten Regenfall zu einer etwas anderen Zeit hat, als erstere.

Bei meiner früher citirten Untersuchung über die Wärmeabnahme mit der Höhe im mittleren Europa liess sich wenigstens zwischen 46° und 52° n. Br. kein Einfluss der geographischen Breite auf den mittleren Betrag derselben nachweisen. Da aber während unserer Sommermonate die Temperaturänderung mit der Höhe grösser ist als im Jahresmittel, im Verhältniss von 0°65 C.

---

[1] Sitzungsb. der Berliner Akademie 1863 und 1865: Die mittlere Temperatur des Jahres und der Jahreszeiten in Indien und Hochasien.

zu 0°57 C. für je hundert Meter[1], so sollte man a priori annehmen, dass auch das Jahresmittel der tropischen Zone höher ausfallen dürfte, als in unseren Breiten.

Zur Beantwortung der eben angeführten Fragen soll die vorliegende kleine Abhandlung wenigstens einen Beitrag liefern. Es liegen ihr zu Grunde die erwähnten Beobachtungen auf Hongkong von 2½ Jahren (1870—1872), welche im Detail publicirt werden, so dass man auch ein Urtheil über ihre Verlässlichkeit sich bilden kann. Die Mittel der oberen Station, Victoria Peak, dann die für Praya West habe ich selbst abgeleitet, die für Victoria Hospital lagen berechnet vor. Ueber die benützten Instrumente besitze ich keine näheren Angaben. Gewisse Fragen, zu welchen die Resultate aus den Beobachtungen auf Hongkong Veranlassung wurden, machten es mir wünschenswerth, auch die neueren Beobachtungen auf Ceylon aus derselben Periode in derselben Weise zu bearbeiten. Auch hier wie für Hongkong sind stets nur gleichzeitige Beobachtungen in Rechnung gezogen. Die drei kleinen Tabellen am Schlusse enthalten die numerischen Resultate meiner Arbeit und zeigen zugleich den Weg, auf welchem sie erlangt worden sind. Ich kann darum sogleich zur Discussion der erlangten Resultate übergehen.

Die Insel Hongkong gibt folgende Werthe der Temperaturabnahme mit der Höhe in C. Graden für je 100 Meter[2]:

Dec.	0·53	März	0·63	Juni	0·99	Sept.	0·72
Jän.	0·54	April	0·76	Juli	0·97	Oct.	0·61
Febr.	0·56	Mai	0·90	Aug.	0·86	Nov.	0·55

Das Jahresmittel ist 0·72, gleich dem Sommermittel für die Schweiz nach Weilenmann. Was in diesen Zahlen zunächst auffällt, ist die ausserordentlich rasche Wärmeal nahme in den Regenmonaten Mai bis August. Liegt auch hier die Ursache in einer Abkühlung der oberen Station durch reichlicheren Regen? Die folgenden Zahlen geben Antwort auf diese Frage.

---

[1] Hr. Weilenmann findet in einer neueren, sehr gründlichen Arbeit dieses Verhältniss für die Schweiz noch grösser, und zwar: 0·73 zu 0·58.

[2] Berechnet nach der Formel:

$$t = 0{\cdot}717 + \overline{9{\cdot}36191} \sin(259^\circ\ 32' + 30^\circ x) + \overline{8{\cdot}65674} \sin(69^\circ\ 30' + 60^\circ x)$$

Regenmenge in englischen Zollen:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Victoria Peak ...	2·8	16·8	38·0	22·0	79·6
Victoria Hospital.	2·1	14·1	37·4	20·2	73·8

Dieser Unterschied der Regenmengen ist zu geringfügig, um ihm einen merklichen Einfluss auf die Abkühlung der oberen Station zuschreiben zu dürfen, zum wenigsten noch dazu im Sommer. Schätzungen über Trübung des Himmels liegen von keiner der beiden Stationen vor, wohl aber ist zu bemerken, dass in den Beobachtungs-Tabellen von Victoria Peak es öfters heisst: *dense fog, wet fog* etc. Das beweist aber auch, dass diese Station zur Regenzeit schon in einer Wolkenregion liegt und daher einen Theil der Condensationswärme empfangen könnte. Wenn man über die Aufstellung der Instrumente an einer Station keine näheren Angaben besitzt, ist das Bedenken zu beseitigen, dass vielleicht das Thermometer gegen den Regen nachlässig geschützt gewesen, und öfter Nasskälte angegeben habe. Ich habe darum und um den Einfluss der Trübung zu eliminiren, die heiteren Tage auf dem Victoria Peak in jeden der drei Sommermonate herausgezogen und aus den gleichzeitigen Beobachtungen zu Praya West folgende Werthe der Wärmeabnahme für je 100 Meter erhalten, welche das Mittel von 6^h am. und 6^h pm. sind:

	Allg. Mittel	Heiter	Zahl der Fälle und Häufigkeit der Winde
Juni....	0·87	0·90	9 S., 3 SW., 1 SO.
Juli	0·97	1·00	5 S., 4 SW., 1 SO., 1 W., 1 O.
Aug. ...	0·85	0·88	11 SW., 5 O., 1 S., 1 SO.

Die Temperaturdifferenz zwischen Praya West und Victoria Peak ist also bei trockenem Wetter noch etwas grösser als bei Regen. Daraus ergeben sich zwei Folgerungen: Erstlich kann es nicht eine etwaige Benetzung des Thermometers durch den Regen sein, welche die Temperatur der oberen Station in fehlerhafter Weise erniedrigt, zweitens können auch nicht Regen und Trübung als solche als die nächste Ursache der raschen Wärmeabnahme angesehen werden.

Darf man vielleicht annehmen, dass überhaupt in feuchter Luft die Temperatur mit der Höhe rascher abnimmt, als in

trockener, was in dem grösseren Wärmestrahlungsvermögen derselben begründet sein könnte? Wenngleich diese Frage noch weiterer Untersuchung werth ist, möchte ich sie nicht bejahen. Die erste Wirkung dieser Wärmestrahlung müsste wohl die Bildung einer hohen Wolkendecke sein (die Cirrostratus-Decke des eintretenden feuchten Südwestwindes gehört wohl hieher), welche dann die weitere Strahlung aufheben würde. Auch haben die englischen Ballonfahrten eine langsamere Wärmeverminderung nach oben bei trübem, wolkigen Wetter ergeben, als bei heiterem Himmel. Entscheidend würden ähnliche Experimente im Innern eines Continentes werden. Ich suche die Ursache der vorliegenden sonderbaren Erscheinung in den fast ausschliesslich vorwiegenden Südwinden, mit Rücksicht auf die Lage der unteren Stationen auf der Nordseite eines freilich kaum 1850 englische Fuss hohen, wenig mächtigen Inselgebirges. Ich habe an einem anderen Orte nachgewiesen, wie in den Alpen, wenn sie von feuchten Luftströmungen überweht werden, an der Leeseite die Wärmezunahme nach unten immer sehr rasch ist, und dann selbst im Winter im Verhältniss von 1° Cels. für je 100 Meter erfolgt. Hingegen auf der Wind- und Regenseite des Gebirges ist sie kaum halb so gross (0°47 C.)[1]. Überraschend und ganz gegen meine Erwartung ist die Nachweisbarkeit derselben Erscheinung auf der Leeseite eines so niedrigen, isolirten, kleinen Gebirges, wo seitliche Zuströme die Temperaturerhöhung des sinkenden Luftstromes so leicht compensiren können. Da auf dem Victoria Peak auch Barometer-Beobachtungen vorgenommen werden, so liess es sich entscheiden, ob die aus den Barometerständen folgenden Temperaturen mit den beobachteten hinreichend übereinstimmen. Bezeichnen wir mit t die absolute Temperatur der oberen Station, mit T die der unteren, mit b und B die entsprechenden Barometerstände, so besteht bekanntlich die Gleichung

$$\frac{t}{T} = \left(\frac{b}{B}\right)^{0{\cdot}2908}$$

---

[1] Der Scirocco der Südalpen. Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie, 3. Band, 1868.

Setzt man für t die Monatmittel von Victoria Peak vermehrt um 273° ein, für b und B die Barometermittel dieser Station und der von Victoria Hospital, so gibt die Rechnung folgende Temperaturen für die letztere Station, denen die beobachteten zum Vergleiche beigefügt sind:

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.
t beobachtet	295·5	296·9	297·0	297·1	296·3
T berechnet.....	300·5	301·8	301·9	302·0	301·3
T beobachtet	298·9	301·3	301·7	301·2	299·4
Differenz:	—1·6	—0·5	—0·2	—0·8	—1·9

Häufigkeit der südlichen Winde:

Procente aller Beobachtungen	SO. 10	19	14	5	13
	S. 31	50	38	27	12
	SW. 18	15	33	37	5
Summe:	59	84	85	69	30.

Der Unterschied zwischen beobachteter und berechneter Temperatur ist am kleinsten gerade zu der Zeit, zu der die Südwinde das Maximum ihrer Häufigkeit erreicht haben. Die Abhängigkeit der raschen Temperaturabnahme nach oben von der Windrichtung dürfte dadurch constatirt sein. Die beobachteten Temperaturen sind etwas niedriger als die berechneten, was unserer Hypothese ebenfalls günstig ist, weil die Störung nur in einer Abkühlung des sinkenden Luftstromes bestehen kann.

Auf der Südseite der Insel Hongkong wäre eine grössere Regenmenge und eine langsamere Temperaturänderung mit der Höhe zu erwarten. Da wir keine Beobachtungen von der Südküste besitzen, lässt sich nicht entscheiden, ob die Thatsachen dieser Deduction entsprechen. Wohl aber lässt sich die Frage beantworten, ob eine weitere Folgerung aus unserer Hypothese mit den Beobachtungen stimmt. Die Nordseite der Insel Hongkong muss durch den herabfallenden Südwind über die Temperatur ihrer Umgebung erwärmt werden. Wir kennen nun die Temperatur von Macao und Canton. Macao liegt genau in der Breite von Victoria und ist den Seewinden frei exponirt; Canton liegt einen Breitegrad nördlicher, aber schon ziemlich weit von der See (circa 8 deutsche Meilen vom Ästuarium des Canton-Stroms, 16 vom Meere), so dass die grosse Erhitzung des Landes im Sommer diesen Brei-

tenunterschied mehr als compensiren müsste. Die Temperaturen der drei Sommermonate an diesen Orten sind:

	Victoria Hosp. Max. Min. corr. nach Calcutta	Praya West Max. Min. 6h am. 6h pm.	Canton Max. Min.	Macao[1] 6h am. 4hpm.
Juni.....	28·3	28·7	27·5	28·2
Juli	28·7	29·2	28·3	28·1
Aug.....	28·2	28·6	27·9	28·4

hiernach wäre der Sommer der Nordseite von Hongkong um circa 0°6 wärmer als Canton und Macao. Auch dieses Verhältniss ist somit unserer Annahme nicht ungünstig.

Ich untersuchte nun weiter, ob in den mir vorliegenden Beobachtungen von Ceylon sich ebenfalls auf der Leeseite des Monsuns eine ähnliche rasche Wärmeabnahme mit der Höhe zu erkennen gäbe. Hier ist vorauszuschicken, dass die Beobachtungsstationen nicht entfernt so günstig liegen, wie Victoria Peak und Victoria, da die horizontalen Entfernungen der Gebirgsstationen von der Küste sehr gross sind. Die Positionen der in Rechnung gezogenen Stationen sind:

Ort	N. Breite	Ö. L. v. G.	Seehöhe Meter	Lage
Colombo...	6°56′	79°50′	13	Westküste
Kandy	7°17′	80°49′	522	Inneres
Batticaloa .	7°41′	81°41′	7	Ost-Küste
Badulla ...	7° 5′	81° 4′	677	Inneres
Nuwara Eliya	6°57′	80°47′	1892	dto. Gebirgsplateau
Ratnapura .	6°43′	80°27′	35	Inland, Südfuss des Gebirges.

Kandy und Badulla sind durch Gebirgszüge von der Küste abgeschlossen, so dass der Monsun diese ersteren übersteigen muss, bevor er in das centrale Hochthal hinabsinken kann. Die Gesundheitsstation Nuwara Eliya liegt auf einem frei beiden Monsunen ausgesetzten Gebirgsplateau im höchsten Theile der Insel, welches etwas südlicher in dem 2381 Meter hohen Pedro tallagalla culminirt. Tabelle I am Schlusse enthält die für diese Stationen gefundene Ratio der Temperaturänderung mit der

[1] Etwas unsicher.

Höhe. Ein Blick auf dieselbe zeigt einen ähnlichen jährlichen Gang der Wärmeabnahme, wie auf der Insel Hongkong. Vom November bis April herrscht auf Ceylon der NO.-Passat und bringt für die Ostseite der Insel die Regenzeit. April und Mai ist Monsunwechsel, zugleich die heisse und durchschnittlich die trockenste Jahreszeit. Vom Juni bis September weht der Südwest-Monsun und bringt die Hauptregenzeit, nur die Ostküste ist dann ziemlich trocken. Im October ist wieder Monsunwechsel. Diesem Windwechsel und der Lage der Stationen auf der Ost- oder Westseite des Gebirges entsprechend, ist der jährliche Gang der Temperaturdifferenzen zwischen den Küsten-Stationen und den Stationen im Innern. Aber die sehr hoch und frei gelegene Station Nuwara gibt, verglichen mit den tieferen Stationen sehr geringe jährliche Unterschiede der Wärmeabnahme. In diesem höchsten Theile der Insel, wo trotzdem die jährliche Regenmenge kaum grösser (um 6″ oder den 0·07 Theil der Jahressumme) ist als zu Colombo, könnte schon ein Effect der Condensationswärme des Wasserdampfes fühlbar werden. Dennoch ist auch hier die Wärmeabnahme mit der Höhe nach allen Seiten hin am grössten zur Regenzeit, d. i. während der Herrschaft des feuchten SW.-Monsuns, wenn auch der Unterschied gegen die übrigen Jahreszeiten nicht erheblich ist.

Ich stelle nun nach den extremen Jahreszeiten der Winde (Dec., Jän., Febr. = Nordost-Monsun; Juni, Juli, August = Südwest-Monsun) die Mittelwerthe der Temperaturänderung für je 100 Meter zusammen und füge die Regenmengen für dieselben Perioden hinzu.

1. NO.-Monsun (Dec., Jän., Febr.).

Stationen	Wärme-abnahme	Regenmenge engl. Zolle unten	oben	Lage der unteren Station
Colombo-Kandy.....	0°72*	9·6	19·0	Leeseite*
Batticaloa-Kandy.....	0·58	26·7	19·0	Luvseite
Ratnap.-Badulla.....	0·69*	24·4	26·7	Leeseite*
Badulla-Nuwara	0·47	26·7	18·9	Luvseite
Ratnapura-Nuwara ...	0·57*	24·4	18·9	Leeseite*
Colombo-Nuwara....	0·58*	9·6	18·9	Leeseite*
Kandy-Nuwara	0·53	19·0	18·9	. . . .

Die Bezeichnung Leeseite sagt, dass der Wind von der höheren zur tieferen Station weht, Luvseite, dass der Wind von der unteren zur oberen Station aufsteigt. Die Verbindungslinie Kandy-Nuwara steht nahezu rechtwinklig auf der Richtung der beiden Monsune. Die mittlere Wärmeabnahme für die Leeseite ist 0°64, für die Luvseite 0°52; die vier ersteren Gruppen allein geben 0°70 und 0°52. Die Unterschiede in den Regenmengen der oberen und unteren Stationen haben jedenfalls auch auf dieses Resultat Einfluss; nur Ratnapura und Badulla haben nahezu gleiche Regenmengen und zeigen doch eine rasche Wärmeabnahme.

2. SW.-Monsun (Juni, Juli, August).

Stationen	Wärme-abnahme	Regenmenge engl. Zolle unten	oben	Lage der unteren Station
Colombo-Kandy.....	0°67	12·1	21·6	Luvseite
Batticaloa-Kandy.....	1·07*	7·0	21·6	Leeseite*
Ratnap.-Badulla.....	0·45	44·0	11·9	Luvseite
Badulla-Nuwara	0·71*	11·9	28·9	Leeseite*
Ratnap-Nuwara	0·61	44·0	28·9	Luvseite
Colombo-Nuwara.....	0·62	12·1	28·9	Luvseite
Kandy-Nuwara	0·59	21·6	28·9	. . . .

Im Mittel beträgt die Wärmeabnahme auf der Leeseite 0·89, auf der Luvseite 0·59. Die rascheste Wärmeabnahme ergibt sich dort, wo die untere Station wenig Regen, die obere einen grossen Überschuss an Regen hat, das entgegengesetzte Verhältniss erzeugt die langsamste Wärmeabnahme. Dass aber die Regenmenge nicht der allein maassgebende Factor ist, zeigt z. B. Badulla-Nuwara und Colombo-Nuwara. Nimmt man für beide Monsune das Mittel für die Leeseite und die Luvseite, so erhält man ein Verhältniss der Ratio der Wärmeabnahme nach oben wie 0°80 zu 0°55.

Die Temperaturänderung mit der Höhe auf Ceylon widerstreitet also keineswegs der Annahme, die wir früher zur Erklärung der raschen Wärmeabnahme auf der Nordseite der Insel Hongkong gemacht haben. Nur tritt hier die Erscheinung nicht so deutlich hervor, weil die gleichzeitigen Regenmengen der oberen und unteren Stationen sehr ungleich und die Entfernungen

sehr gross sind. Die Stationen des Festlandes von Ostindien haben in dieser Beziehung meist ein noch ungünstigeres Verhältniss mit Ausnahme einiger Stationen in den Nilgiris. Nehmen wir an der Malabarküste die beiden am nächsten benachbarten Stationen Bombay 18°54′ N., 72°49′ O. und Puna 18°30′ N., 73°52′ O., deren Höhenunterschied 564 Meter beträgt, so geben dieselben folgende Werthe der Wärmeabnahme:

NO. Monsun.

	Wärme-abnahme	Regen unten	Regen oben	Lage der unteren Station
Bombay-Puna	0°41	0·2	0·4	Leeseite

SW.-Monsun.

Bombay-Puna	0°34	56·5	15·7	Luvseite

Das Jahresmittel beträgt nur 0°35, was grösstentheils der Trockenheit der höheren Station zuzuschreiben ist, deren jährliche Regenmenge nur 27·8, während die von Bombay 68·7 beträgt. In der heissen Zeit März-Mai, wo es in Puna mehr regnet (3·4) als in Bombay (1·1) ist nichtsdestoweniger die Wärmeabnahme am langsamsten: 0°30 C. für 100 Meter.

Ich will nun noch die Temperaturänderung mit der Höhe für einige Stationen in den Nilgiris in ähnlicher Weise nebeneinanderstellen. Wie für Bombay und Puna habe ich auch für diese Orte die Positionen und die Temperaturdifferenzen der Abhandlung von H. v. Schlagintweit: Über die mittlere Temperatur des Jahres etc. in Indien und Hochasien, Sitzungsberichte der Berliner Akademie vom April 1863, entnommen. Diesen Mitteln liegen nicht wie jenen, die ich für Ceylon und Hongkong benutzen konnte, gleichzeitige Beobachtungen zu Grunde, und in kurzen Reihen können der ungleiche Eintritt und die ungleiche Dauer und Intensität der Regen Störungen bewirken, welche aber, wenn man je drei Monate zusammenfasst, kaum noch einflussreich sein können. Die Positionen der benützten Temperatur-Stationen sind:

Dodabétta...	11°	23′	n. Br.	76°	44′	ö. L.	Seehöhe	8640′	engl.
Utakamánd..	11°	24′	„ „	76°	43′	„ „	„	7490′	„
Koterghérri..	11°	26′	„ „	76°	57′	„ „	„	6100′	„
Koimbatur ..	11°	1′	„ „	76°	58′	„ „	„	1483′	„

Stationen	NO. Monsun Dec.-Febr.			SW. Monsun. (Juni-Aug.)			Jahr		
	Wärme-abnahme	Regen unt.	Regen oben	Wärme-abnahme	Regen unt.	Regen oben	Wärme-abnahme	Regen unt.	Regen oben
Koimb.-Dodab. . .	0·57	3·9	19·8	0·61	3·3	21·3	0·60	20·6	101·3
Koimb.-Kotergh..	0·55	3·9	25·2	0·48	3·3	6·8	0·58	20·6	81·7
Koterg.-Dodab...	0·55	25·2	19·8	0·82	6·8	21·3	0·60	81·7	101·3
Utakm.-Dodab. . .	0·13	?	19·8	0·60	?	21·3	0·42	?	101 3

Vom Dec.-Febr. beträgt die mittlere Wärmeabnahme 0°56 C. für 100 Meter (Utakm.-Dodab. nicht berücksichtigt), vom Juni bis Aug. 0·63 C., im Jahresmittel 0°59 C. Die ungleichen Regenmengen scheinen hier wenig Einfluss auf diese Werthe zu haben; fast durchgängig ist die Periode des SW.-Monsuns die Zeit der rascheren Wärmeabnahme, obgleich sie hier nicht mit der Regenzeit zusammenfällt, welche von der Lage der Station gegen den feuchten Seewind abhängt und grosse Verschiedenheit selbst an benachbarten Stationen zeigt. Nach unserer früheren Bezeichnung liegen Gruppe 1 und 3 auf der Leeseite des SW.-Monsuns, die Gruppe 2 auf der Luvseite, und in der That ist hier die Wärmeabnahme langsamer.

Vergleichen wir nun die Jahresmittel der Wärmeänderung mit der Höhe. Die Insel Hongkong gibt 0°73 C. für je 100 Meter; die tieferen Stationen auf Ceylon (Gruppe 1—3) 0°69, die höheren (Gruppe 4—7) 0°58, die Stationen (gleichfalls höhere) in den Nilgiris 0°59. Die letzteren Werthe stimmen fast völlig mit den für das mittlere Europa abgeleiteten überein. Ich fand im Mittel für die Schweiz, das Erzgebirge und den Harz 0°57; Hr. Prof. Hirsch für die Schweiz 0°58, endlich neuerlich Hr. Weilenmann ebenfalls für die Schweiz 0°58 C., indem er auf eine längere Beobachtungsreihe eine noch sorgfältigere Rechnung als seine Vorgänger gründete. Die Werthe, welche A. v. Humboldt freilich nur aus einzelnen Beobachtungen auf isolirten Bergen in Columbia und Mexico für die Wärmeabnahme unter den Tropen erhalten hat, bleiben sogar noch hinter den oben angeführten zurück. Das Mittel ist 0°53 C. für 100 Meter[1]. So muss es scheinen, dass unter den Tropen die Temperatur sich mit der

[1] Ich habe nach Gilbert's Annalen, B. 24, die 7 sichersten Werthe in ein Mittel vereinigt.

Höhe nicht rascher ändert, als bei uns, und dass nicht, wie man vermuthen möchte, das Jahresmittel dort zum wenigsten unserem Sommermittel entspricht. Die Wärmeabnahme auf der Insel Hongkong und in den tieferen Theilen von Ceylon kommt jedoch dem Sommermittel der Schweiz (0°73) gleich. Einen noch grösseren Werth erhielt Aquirre aus seinen Beobachtungen auf dem Antisana (4060 Meter), verglichen mit gleichzeitigen Beobachtungen zu Quito (2914 Meter), im Jahresmittel für 1ʰ Morgens 0°75 C., für 1ʰ Nachmittags 0°78 C. für je 100 Meter [1].

Da für die Stationen auf Hongkong und Ceylon gleichzeitige Barometerbeobachtungen von den unteren und oberen Stationen vorlagen, so berechnete ich aus den correspondirenden Monatmitteln die Seehöhen (nach den Tafeln von Gauss ohne Rücksicht auf die Feuchtigkeit), um zu sehen, ob auch hier, wo die jährlichen Änderungen der Wärme zum Theil schon so geringfügig werden, sich eine ähnliche Jahres-Periode dieser Werthe wie in Europa herausstelle. Tabelle III enthält die Ergebnisse dieser Rechnung. Auf Hongkong ist der jährliche Gang der barometrisch ermittelten Höhendifferenzen geradezu der umgekehrte wie in Europa, das Maximum im Jänner, das Minimum im Juli, die Amplitude von 19 Meter oder 3·8% ist mehr als dreimal so gross als bei uns. Eine fehlerhafte Temperaturbestimmung zu Victoria Peak würde die rasche Wärmeabnahme im Sommer und einen Theil der Amplitude der Höhendifferenzen erklären. Nimmt man die langsamste für die Tropen gefundene Wärmeabnahme, 0°53 C., zwischen Victoria und Victoria Peak an, so erhält man aus dem Barometermittel des Juli noch immer eine Seehöhe von 498 Meter, also eine Jahres-Amplitude von 3·3%. Übrigens schwinden diese Zweifel völlig bei Betrachtung der für Ceylon gefundenen Werthe. Die Epoche des Minimums fällt für die Ostseite, also die Leeseite, wie zu Hongkong, auf den Juli, auf der Westseite jedoch auf den Jänner, um welche Zeit Colombo im Windschatten des NO.-Passates liegt. Die Maxima hingegen treten in allen drei Gruppen dann ein, wann der Wind von der unteren zur oberen Station weht. Es tritt dann wohl eine Art Stauung der Luftmassen ein, welche zur Folge hat, dass das

[1] Comptes rendus Mai, 1851.

Barometer der unteren Station zu hoch steht. Umgekehrt entsteht an der Leeseite eine Luftverdünnung und eine Erniedrigung des Barometerstandes an der unteren Station, in Folge deren die Seehöhe zu klein gefunden wird. So muss wenigstens die Erscheinung auf Hongkong erklärt werden bei dem geringen Horizontalabstand der oberen und unteren Station. Auf Ceylon könnte der Grund auch in dem Verlauf der Isobaren gesucht werden, wenn man zugleich gegen die gewöhnliche Theorie annimmt, dass die Windrichtung senkrecht auf den Isobaren steht, nicht mehr oder minder tangentiell.

Die Amplitude der extremen Höhendifferenzen beträgt für Kandy-Colombo 2% des ganzen Höhenunterschiedes, für Kandy-Batticaloa sogar mehr als 6%.

Die wesentlicheren Resultate der vorliegenden kleinen Untersuchung glaube ich nun in folgender Weise zusammenfassen zu können:

1. die Jahresmittel der Temperaturabnahme mit der Höhe in den Tropen sind im Allgemeinen vielleicht nicht grösser als im mittleren Europa, und entsprechen nicht durchschnittlich unserem Sommermittel, wie man anzunehmen Grund hätte. Küstenpunkte auf Ceylon und Hongkong, verglichen mit wenig hohen (5—600 Meter) Bergstationen geben allerdings eine Wärmeabnahme von 0°71 C. für hundert Meter, die höheren Stationen hingegen geben nur 0°58, genau entsprechend den Jahresmitteln in Deutschland und der Schweiz. Hierin erkennt man vielleicht einen Effect der Condensationswärme.

2. Während der regelmässig wehenden Monsune ist die Wärmeabnahme nach oben langsam auf der Windseite des Gebirges, rasch auf der Leeseite, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

	Hongkong	Ceylon			Mittel
		NO.-Passat	SW.-Mons.	Nilgiris	
Leeseite.....	0·91	0·70	0·89	0.71	0·80
Luvseite.....	0·54	0·52	0·59	0·56	0·55

Auf der Nordseite von Hongkong entspricht die Temperaturzunahme nach unten zur Zeit der entschiedensten Herrschaft des SW.-Monsuns fast genau dem Gesetze, welches den Zusammenhang zwischen Temperatur- und Volumänderung eines Gases

ausdrückt, dem von aussen keine Wärme zugeführt oder entzogen wird. Dieselbe Erscheinung findet man auch, aber nur vorübergehend, in den Alpen auf der Leeseite eines heftigen, feuchten Windes.

3. Es lässt sich nirgends direct nachweisen, dass die Condensation der enormen Menge von Wasserdampf während der Regenzeit in Ostindien die Luftwärme der höheren Station steigert, selbst dort nicht, wo ein solcher Einfluss wohl vorausgesetzt werden dürfte. Die im Gegensatze hiezu durchschnittlich rasche Wärmeabnahme während der Regenzeit ist zum Theil ein Effect der Zunahme der Regenmenge mit der Höhe und der dadurch bedingten grösseren Abkühlung.

4. Eine andere Erscheinung, die zwar nicht im ursächlichen Zusammenhange mit der Wärmeabnahme, wohl aber mit den constanten Luftströmungen des Monsungebietes steht, ist eine nicht unbeträchtliche jährliche Periode der Luftdruckdifferenzen ungleich hoch gelegener Stationen. Diese Differenzen erreichen ihren grössten Werth, wenn die Luft von der tieferen zur höheren Station weht, ihren kleinsten, wenn der umgekehrte Fall eintritt.

Tabelle I.

Wärmeabnahme mit der Höhe in Celsius-Graden.

(Für 100 Meter.)

	Dec.	Jän.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Jahr
	1. Hongkong.												
	Praya-West — Victoria-Peak H. D. 514 Meter.												
6h am	0·26	0·40	0·36	0·39	0·63	0·74	0·86	0·91	0·80	0·56	0·70	0·56	0·598
6h pm.	0·45	0·49	0·51	0·50	0·82	0·79	0·89	1·04	0·91	0·57	0·67	0·61	0·687
Mittel 6h Max. 6h Min.	0·45*	0·57	0·53	0·63	0·83	0·77	0·92	**1·01**	0·86	0·63	0·54	0·64	0·698
	Victoria-Vict.-Peak H. D. 506 M.												
Mittel Max. Min.....	0·46*	0·56	0·61	0·56	0·86	0·87	1·04	**1·05**	0·85	0·66	0·71	0·62	0·737
	2. Ceylon.												
	Höhendifferenz 509 Meter.												
Colombo-Kandy.....	**0·76**	0·75	0·64	0·59	0·58*	0·66	0·65	0·67	0·68	0·71	0·71	0·72	0·677
	Höhendifferenz 512 Meter.												
Batticaloa-Kandy....	0·63	0·57	0·53*	0·58	0·65	0·89	0 99	**1·11**	1·10	1·10	0·95	0·76	0·822
	Höhendifferenz 642 Meter.												
Ratnap.-Badulla.....	0·66	0·71	**0·71**	0·70	0·57	0·48	0·47	0·44	0·44*	0·46	0·52	0·59	0·561
	Höhendifferenz 1214 Meter.												
Badulla-Nuwara.....	0·48	0·46*	0·48	0·52	0·56	0·62	0·69	**0·72**	0·71	0·68	0·63	0·55	0·592
	Höhendifferenz 1856 Meter.												
Ratnapura-Nuwara ..	0·56*	0·57	0·58	0·57	0·56	0·57	0·60	**0·62**	0·62	0·60	0·58	0·57	0·583
	Höhendifferenz 1891 Meter.												
Colombo-Nuwara....	0·58	0·58	0·58*	0·58	0·58	0·61	0·62	**0·62**	0·62	0·61	0·60	0·59	0·597
	Höhendifferenz 1380 Meter.												
Kandy-Nuwara.....	0·52*	0·53	0·55	0·57	0·58	0·58	0·59	**0·60**	0·59	0·56	0·54	0·53	0·562

Tabelle II.

Temperatur-Mittel und Differenzen (Fahrenheit).

	Dec.	Jän.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
	1. Hongkong.											
	Mittel der täglichen Extreme 2⅛ J.											
Victoria Hospital.....	61·2	60·4	59·3	64·6	75·4	80·6	84·6	84·6	83·3	80·2	77·0	67·6
Victoria Peak	57·0	55·3	53·8	59·5	67·6	72·7	75·1	75·0	75·6	74·2	70·5	62·0
	Mittel: 6h am. 6h pm. Max. Min. 2⅛ J.											
Praya West	60·4	60·2	58·2	65·1	74·9	79·6	83·6	84·5	83·4	79·8	75·1	67·3
Victoria Peak	56·2	54·9	53·3	59·3	67·2	72·5	75·1	75·2	75·4	74·0	70·1	61·4
	2. Ceylon.											
Colombo (6J. tägl. Extr. corr.)	77·6	77·4	78·7	80·0	80·9	80·0	80·5	79·9	79·8	80·0	78·9	78·5
	Colombo-Kandy 2⅛ J.											
Differenzen	7·0	6·9	5·9	5·5	5·3	6·0	5·9	6·1	6·3	6·5	6·6	6·7
	Batticaloa-Kandy 2 J.											
Differenzen.....	5·8	5·3	4·9	5·3	6·0	8·3	9·1	10·3	10·1	10·1	8·8	7·0
	Kandy-Nuwara 2¾ J.											
Differenzen	13·0	13·1	13·7	14·2	14·5	14·4	14·7	14·8	14·6	13·9	13·5	13·2

	Dec.	Jän.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
						Colombo-Ratnapura 2½ J.						
Differenzen	1·3	0·9	0·5	0·6	1·2	1·5	1·0	0·4	0·5	0·8	1·1	1·3
						Badulla 10 Monate.						
Kandy-Badulla	1·7	1·9	2·6	3·3	2·4	0·9	0·0	—1·1	—1·2	(—0·6)	(0 0)	1·0
Kandy Normal Mittel	70·6	70·5	72·8	74·5	75·6	74·0	74·6	73·8	73·5	73·5	72·3	71·8
Badulla Mittel	68·9	68·6	70·2	71·2	73·2	73·1	74·6	74·9	74·7	(74·1)	(72·3)	70·8
						Badulla 1 J.						
Colombo-Badulla	9·1	9·3	9·0	8·6	7·8	7·1	6·0	5·9	5·9	6·7	7·4	8·4
Colombo normal	77·6	77·4	78·7	80·0	80 9	80·0	80·5	79·9	79·8	80·0	78·9	78·5
Badulla Mittel	68·5	68·1	69·7	71·4	73·1	72·9	74·5	74·0	73·9	73·3	71·5	70·1
Badulla Normal Mittel	68·7	68·3	70·0	71·3	73·1	73·0	74·5	74·4	74·3	73·6	71·8	70·4
						Badulla-Nuwara 1¼ J.						
Differenzen	10·5	10·0	10·5	11·3	12·2	13·5	14·9	15·6	15·6	14·8	13·8	12·0
						Colombo-Nuwara 2¾ J.						
Differenzen	20·1	20·0	19·6	19·7	19·8	20·6	21·0	21·2	21·1	20·9	20·6	20·3

Tabelle III.

Jährliche Periode der Höhendifferenzen (Meter)

berechnet aus den Monatmitteln des Luftdruckes.

Dec.	Jän.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Mittel
					Victoria Peak-Victoria.							
514	**515**	510	511	505	502	499	496*	498	504	504	511	505·7
					Kandy-Colombo.							
504	504*	507	509	508	512	510	511	513	**514**	511	510	509·4
					Kandy-Batticaloa.							
528	523	525	522	512	503	499	495*	503	502	508	521	511·8
					Nuwara-Colombo.							
1884	1893	1895	1894	1889	1892	1894	1897	1898	1897	1885	1881	1891·6

Mittel und Differenzen des Luftdruckes (engl. Zolle).

Dec.	Jän.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Jahr
					Victoria Hospital 2⅛ Jahre.							
30·155	30·145	30·135	30·070	29·930	29·843	29·800	29·760	29·763	29·805	29·940	30·090	29·953
					Victoria Peak 2⅛ Jahre.							
28·380	28·360	28·365	28·320	28·220	28·185	28·165	28·135	28·130	28·145	28·260	28 350	28·251
					Colombo 6 Jahre.							
29·909	29·909	29·906	29 885	29·841	29·839	29·835	29·846	29·854	29·880	29·881	29·886	29·873
					Colombo-Kandy 2⅛ Jahre.							
1·680	1·673	1·678	1·678	1·670	1·680	1·678	1·683	1·692	1·697	1·690	1·686	1·682
					Batticaloa-Kandy 2 Jahre.							
1·756	1·742	1·741	1·726	1·687	1·650	1·637	1 630	1·650	1·652	1·677	1·724	1·689

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

5.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

5.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

XIII. SITZUNG VOM 8. MAI 1873.

Die Direction der Sternwarte zu Leiden dankt, mit Schreiben vom 25. April, für die Betheilung dieser Anstalt mit den Sitzungsberichten der Classe.

Herr A. Balawelder zu Ostrau übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Principien einer dynamischen Theorie der physikalischen Naturerscheinungen auf Grundlage eines mathematischen Punktes."

Herr J. Stastný, Photograph in Iglau, übermittelt eine Notiz über ein lenkbares Luftschiff.

Herr Dr. George Thin aus Schottland legt eine Abhandlung: „Untersuchungen über den Bau der Tastkörperchen" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, K., zu Amsterdam: Verhandelingen. Afdeeling Letterkunde. Deel VII. Amsterdam, 1872; 4°. —Verslagen en Mededeelingen. Afd. Letterkunde. II. Reeks II. Deel. 1872; Afd. Natuurkunde. II. Reeks. Deel VI. 1872. Amsterdam; 8°. — Jaarboek voor 1871. Amsterdam; 8°. — Processen-Verbaal. 1871--72. 8°. — *P. Esseiva, Ad juvenem satira. Amstelodami, 1872; 8°.*

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 13. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1933—1935. (Bd. 81.13—15.) Altona, 1873; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 15—16. Paris, 1873; 4°.

Genootschap, Bataviaasch, van Kunsten en Wetenschappen: Verhandelingen. Deel XXXVI. Batavia, 1872; 4°. — Tijdschrift voor Indische taal-, land- en volkenkunde. Deel XVIII (Zesde Serie. Deel I.) Aflev. 5—6. Batavia & 's Hage, 1872; 8°. — Notulen. Deel X. 1872, Nr. 1—3. Batavia; 8°.

Gesellschaft, böhmische chemische: Berichte. III. Lieferung. Prag, 1873; 8°. (Böhmisch.)

— der Wissenschaften, k., zu Göttingen: Abhandlungen. XVII. Band. Vom Jahre 1872. Göttingen; 4°. — Gelehrte Anzeigen. 1872. I & II. Band. Göttingen; 8°. — Nachrichten aus dem Jahre 1872. Göttingen; 8°.

— — Königl. Sächsische, zu Leipzig: Abhandlungen der mathem.-physischen Classe. X. Band, Nr. 3—5. Leipzig, 1872; 4°. — Berichte der mathem.-phys. Classe. 1871. IV—VII; 1872. I. & II. Leipzig; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 9. Wien, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang. Nr. 17—18. Wien, 1873; 4°.

Instituut, Koninkl., voor de taal-, land- en volkenkunde van Nederlandsch Indië: Bijdragen. III. Volgreeks. VII. deel, 1e—2e Stuk. 's Gravenhage, 1872—1873; 8°.

Istituto, R., Lombardo di Scienze e Lettere: Memorie. Classe di Lettere e Scienze morali e politiche. Vol. XII. (III. della serie III.) Fasc. III; Classe di Scienze matematiche e naturali. Vol. XII (III. della serie III.) Fasc. V. Milano, 1872; 4°. — Rendiconti. Vol. V., Fasc. VIII — XVI. Milano, 1872; 8°.

Jahrbücher der k. k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus von Carl Jelinek und Carl Fritsch. Neue Folge. VII. Band. Jahrgang 1870. Wien, 1873; 4°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VII, 2. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 9. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 7. Wien; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 19. Band, 1873. Heft IV. Gotha; 4°.

Nature. Nr. 182, Vol. VII; Nr. 183, Vol. VIII. London, 1873; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIe Année, 2e Série, Nrs. 43—44. Paris, 1873; 4°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. 1873, Disp. 2ª. Palermo; 4°.

Society, The Asiatic, of Bengal: Journal. Part II, Nr. 2. 1872. Calcutta; 8°. — Proceedings. 1872, Nrs. VI—VIII. Calcutta; 8°.

— The Royal, of Edinburgh: Transactions. Vol. XXVI., Part IV. For the Session 1871—72. 4°. — Proceedings. Session 1871—72. Vol. VII, Nr. 84. 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 17—18. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. Redigirt von C. G. Giebel. Neue Folge. 1872. Band V & VI. Berlin, 1872; 8°.

XIV. SITZUNG VOM 15. MAI 1873.

Herr Dr. Gustav C. Laube in Prag übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Geologische Beobachtungen, gesammelt während der Reise auf der „Hansa“ und gelegentlich des Aufenthaltes in Südgrönland.“

Herr Dr. A. Boué legt zwei Abhandlungen vor, und zwar: 1. „Über die von ihren Lagerstätten entfernten und in anderen Formationen gefundenen Petrefacten“, und 2. „Über die dolomitische Brekzie der Alpen und besonders über die zu Gainfahrn in Nieder-Österreich“.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Royale des Sciences de Copenhague: Skrifter. 5 Raekke, historisk og philos. Afd., IV. Bd. VII. Kjøbenhavn, 1872; 4°. 5 Raekke, naturvidensk. og mathem. Afd., IX. Bd. 6 & 7. Kjøbenhavn, 1871 & 1872; 4°. — Oversigt. 1871, Nr. 3; 1872. Nr. 1. Kjøbenhavn; 8°.

American Academy of Arts & Sciences: Memoir of Sir Benjamin Thompson, Count Rumford, with Notices of his Daughter. By George E. Ellis. Philadelphia; 8°.

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt.) 11. Jahrg., Nr. 14. Wien, 1873; 8°.

Beobachtungen, Schweizer. Meteorologische. 1871 (Schluss), nebst März & April 1872. Zürich; 4°.

Comitato, R., geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1873, Nr. 3 e 4. Firenze; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 17. Paris, 1873; 4°.

Essex Institute: The American Naturalist. Vol. I, Nrs. 1—12. March 1867 — February 1868; Vol. V, Nrs. 2—12. April—December 1871; Vol. VI, Nrs. 1—11. January to November 1872. Salem; 8°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVI (neuer Folge VI.), Nr. 3. Wien, 1873; 8°.

— der Wissenschaften, k. böhm.: Sitzungsberichte. 1873, Nr. 2. Prag; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang. Nr. 19. Wien, 1873; 4°.

Halle, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1872. 4°, 8° & Folio.

Jahresbericht der Commission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel für das Jahr 1871. Im Auftrage des K. Preuss. Ministeriums für die landwirthschaftlichen Angelegenheiten herausgegeben von H. A. Meyer, K. Möbius, G. Karsten und V. Hensen. I. Jahrgang: Die Expedition zur physikalisch-chemischen und biologischen Untersuchung der Ostsee im Sommer 1871 auf S. M. Avisodampfer Pommerania nebst physikalischen Beobachtungen an den Stationen der preussischen Ostseeküste. Berlin, 1873; Folio.

Kasan, Universität: Bulletin et Mémoires. 1871. V & VI; 1872. V & VI. Kasan; 8°. — Gelehrte Abhandlungen. 1872. Kasan; 8°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 8. Wien; 8°.

Moniteur scientifique du Dteur Quesneville. 3e Série, Tome III. 377e Livraison. Paris, 1873; 4°.

Museum des Königreiches Böhmen: Časopis Musea kr. Č. 1871. XLV. ročnik, sv. 4; 1872. XLVI. roč., sv. 1—4; 1873. XLVII. roč., sv. 1. V Praze; 8°. — Sborník vědecký m. kr. Č. IV—V. V Praze, 1872 & 1873; 8°. — Živa. Sbornik ved. m. kr. Č. I—X. V Praze, 1869—1872; 8°. — Památky. Nové řady roč. I, seš. 4; nové řady roč. II, seš. 1—4. V Praze 1872—1873; 4°. — Tomek, V. V, Dějepis města Prahy. Opravy a doplňky k dílu I. W Praze, 1872; 8°. — Vortrag des Geschäftsleiters in der Generalversammlung des Museums d. K. B. am 21. Mai 1872. Prag, 1872; 8°.

— Francisco-Carolinum, in Linz: XXXI. Bericht. Linz, 1873; 8°. — Urkundenbuch des Landes ob der Enns. VI. Band.

Wien, 1872; 8°. — Das oberösterr. Museum Francisco-Carolinum in Linz. Linz, 1873; 8°.

Nature. Nr. 184, Vol. VIII. London, 1873; 4°.

Onderzoekingen gedaan in het physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool. III. Reeks. II. Aflev. I. Utrecht, 1873; 8°.

Peabody Academy of Science: Memoirs. Vol. I, Nrs. 1—2. Salem, Mass., 1871—1872; 4°. — IVth Annual Report for the Year 1871. Salem, 1872; 8°. — Record of American Entomology for the Year 1870. Edited by A. S. Packard. Salem, 1871; 8°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. Von Ph. Carl. IX. Band, 1. Heft. München, 1873; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIe Année, 2e Série, Nr. 45. Paris, 1873; 4°.

Society, The Chemical, of London: Journal. Ser. 2. Vol. X. November & December, 1872; Ser 2. Vol. XI. January, 1873. London; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 19. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 5. Heft. Wien, 1873; 4°.

XV. SITZUNG VOM 23. MAI 1873.

Der Vorstand des naturwissenschaftlichen Vereins für Sachsen und Thüringen in Halle a/S. ladet, mit Circular-Schreiben vom 1. Mai, zur Theilnahme an der am 21. und 22. Juni d. J. zu begehenden Feier seiner 25jährigen Thätigkeit ein.

Herr Prof. Dr. E. Mach in Prag hinterlegt ein versiegeltes Schreiben zur Wahrung seiner Priorität, mit der Aufschrift: „Ein neues Mittel für sehr feine Zeitbestimmungen."

Herr Prof. E. N. Horsford aus Cambridge in Nord-Amerika legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Die Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxydgas durch phosphorsaures Eisen".

Herr Hofrath Dr. H. Hlasiwetz übergibt die zweite von ihm gemeinschaftlich mit Herrn J. Habermann ausgeführte Abhandlung: „Über die Proteïnstoffe."

Herr Dr. K. Heitzmann überreicht eine Abhandlung: „Über das Verhältniss zwischen Protoplasma und Grundsubstanz im Thierkörper."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Abbot, Francis, Results of five Years' Meteorological Observations for Hobart Town etc. Tasmania, 1872; 4°.

Annalen der k. k. Sternwarte in Wien. Dritte Folge. XIX. Bd. Jahrgang 1869. Wien, 1872; gr. 8°.

Annales des mines. VIIe Série. Tome II, 5e & 6e Livraisons de 1872. Paris; 8°.

Archiv der Mathematik und Physik. Gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. LV. Theil, 1. Heft. Greifswald, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1936—1939. (Bd. 81. 16—19.) Altona, 1873; 4°.

Barnard, J. G., Problems of Rotary Motion presented by the Gyroscope, the Precession of the Equinoxes and the Pendulum. Washington City, 1871; 4°.

Basel, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871—73. 4° & 8°.

Bern, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem J. 1872. 4° & 8°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVIe. Nr. 184. Genève, Lausanne, Paris, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 18. Paris, 1873; 4°.

Cremona, Luigi, Elementi di geometria projettiva. Vol. I. Roma, Torino, Milano, Firenze, 1873; gr. 8°. — Per le nozze di Camilla Brioschi con Costanzo Carcano. Milano, 1872; kl. 4°.

Erlangen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871/2; 4° & 8°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVI (Neuer Folge VI) Nr. 4. Wien, 1873; 8°.

— naturforschende, zu Freiburg i. Br.: Berichte über die Verhandlungen. Band VI, Heft 1. Freiburg i. Br., 1873; 8°.

— physikalisch - ökonomische, zu Königsberg: Geologische Karte der Provinz Preussen. Blatt 8. Folio.

— physikal. - medicin., in Würzburg: Verhandlungen. Neue Folge. IV. Band, 1. Heft. Würzburg, 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 20. Wien, 1873; 4°.

Greifswald, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1872/3. 4° & 8°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo II°, Serie IV^a, Disp. 5^a. Venezia, 1872—73; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXIX, Heft 3. Speyer, 1873; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe, N. F. Band VII, 3. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrg, Nr. 10. Graz, 1873; 4°.

Lotos. XXIII. Jahrgang. April 1873. Prag; 8°.

Mittheilungen, Mineralogische, gesammelt von G. Tschermak. Jahrgang 1873, Heft 1. Wien; kl. 4°.

Nature. Nrs. 185, Vol. VIII. London, 1873; 4°.

Puyals de la Bastida, Don Vincente, Teoria de los numeros y perfeccion de las matemáticas. Madrid, 1872; 12°.

Regel, E., *Animadversiones de plantis vivis nonnullis horti botanici Petropolitani. 8°.*

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIme Année. 2e série. Nr. 46. Paris, 1873; 4°.

Riccò, Felice e Annibale, La stampa naturale. Modena, 1873; 8°.

Società Italiana di Antropologia e di Etnologia: Archivio. III° Vol., fasc. 1°. Firenze, 1873; 8°.

— degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. Anno 1873, Disp. 3ª. Palermo, 1873; 4°.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIIe Année, Nr. 1. Constantinople, 1873; 4°.

Tommasi, D., Sur une combinaison de l'urée avec l'acétyle chloré. — Action du chlorure de chloracétyle sur l'aniline et la toluidine. Paris, 1873; 4°.

Verein, Naturwissenschaftlicher, zu Bremen: Abhandlungen. III. Band, 3. Heft. Bremen, 1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang. Nr. 20. Wien, 1873; 4°.

Die Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxyd durch Eisenphosphat.

Von **E. N. Horsford** in Cambridge,
Mass. Ver. St. von N.-Am.

Werden grüne Blätter mit Schwefeläther behandelt, so wird aus ihnen eine grüne Substanz ausgezogen, welche unter dem Namen Chlorophyll bekannt ist.

Setzt man wenige Procente von Chlorwasserstoffsäure dieser ätherischen Lösung zu und schüttelt einen Augenblick kräftig um, so trennt sich in der Ruhe diese Flüssigkeit in zwei Schichten, eine obere gelbe und eine untere blaue Schicht.

Lässt man die ätherische Lösung freiwillig zur Trockene verdunsten, so wird die Farbe dunkler.

Eine qualitative Analyse des Verdunstungsrückstandes der ätherischen Lösung liess die Gegenwart von Phosphorsäure, Eisen, Kali und Kalk erkennen. Diese Bestandtheile wurden sowohl in der blauen als gelben Schicht aufgefunden.

Ich hatte die spontane Entstehung von blauen Flecken bei Stärke beobachtet, die, mit dem sauren Auszuge von mit Schwefelsäure behandelten Knochen gesättigt, zum Trocknen der Luft ausgesetzt war.

Da Eisen in den Knochen enthalten ist, konnte der blaue Körper nicht leicht etwas Anderes als Vivianit sein.

Es fiel mir bei, dass möglicher Weise der blaue Körper in der unteren Schichte des ätherischen Auszuges seine Farbe einem Phosphate des Eisens verdankt, einem Phosphat des Oxyduls mit geringem Sauerstoffüberschuss, d. h. dem Vivianit.

Verhielt es sich so, dann musste durch Entziehung des kleinen Überschusses an Sauerstoff die Farbe zerstört werden. Ich fand, dass nach Zusatz von Zinkspähnen zu der blauen

Flüssigkeit die Farbe rasch verschwand. Dieselbe Wirkung bringt Wasserstoff im Entstehungszustand hervor; ebenso wirken schweflige Säure und ihre Salze.

Ich kam so auf den Gedanken, dass möglicher Weise dieses Eisenoxydulphosphat des Chlorophylls bei der Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxyd in den Blättern der Pflanzen eine Rolle spiele und dasjenige Agens sei, mittelst welchem bei dem Aufbau organischer Körper aus Kohlensäure, Ammoniak und Wasser der erste Schritt geschieht.

Um diese Frage zu entscheiden, zerrieb ich gewöhnliches Natriumphosphat und Eisenvitriol, brachte sie gemischt in ein Glasrohr von beiläufig ein Zoll im Durchmesser und zwanzig Zoll Länge. In dieses Rohr führte ich eine Glaskugel, in welche einige Tropfen destillirtes Wasser eingeschmolzen waren, und leitete so lange Kohlensäure ein, bis alle atmosphärische Luft verdrängt war.

Das Rohr war schon früher ausgezogen worden. Es wurde zugeschmolzen und die Glaskugel zerbrochen, damit das Wasser ausfliessen und die Salze im Rohre befeuchten konnte.

Dies so vorgerichtete Rohr wurde ans Fenster gestellt und sechs Wochen hindurch einen Theil des Tages dem directen Sonnenlichte ausgesetzt.

Es zeigte sich zumeist unmittelbar an der Oberfläche der Partikeln von Natriumphosphat eine Bläuung, die einige Zeit stetig zunahm. Ende der sechsten Woche schien die Bläuung nicht mehr weiter zuzunehmen.

Ich stellte nun dieses Rohr senkrecht, so dass es mit dem unteren Ende in ein Gefäss mit Kalilauge tauchte.

Es war nun klar, dass, wenn beim Öffnen des Rohres unter dem Spiegel der Kalilauge diese in das Rohr eindringen und es ganz ausfüllen würde, die Kohlensäure nicht reducirt worden war.

Würde anderseits die Kalilauge beim Öffnen des Rohres in dieses eindringen, aber nur bis auf eine gewisse Höhe in dem Rohre steigen, so wäre bewiesen, dass das unabsorbirt zurückbleibende Gas keine Kohlensäure sei.

Beim Aufbrechen des Rohres stieg die Kalilauge in dem Rohre und füllte beiläufig fünf Sechstheile desselben aus. Auf

XIV. SITZUNG VOM 15. MAI 1873.

Herr Dr. Gustav C. Laube in Prag übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Geologische Beobachtungen, gesammelt während der Reise auf der „Hansa“ und gelegentlich des Aufenthaltes in Südgrönland.“

Herr Dr. A. Boué legt zwei Abhandlungen vor, und zwar: 1. „Über die von ihren Lagerstätten entfernten und in anderen Formationen gefundenen Petrefacten“, und 2. „Über die dolomitische Brekzie der Alpen und besonders über die zu Gainfahrn in Nieder-Österreich“.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Royale des Sciences de Copenhague: Skrifter. 5 Raekke, historisk og philos. Afd., IV. Bd. VII. Kjøbenhavn, 1872; 4°. 5 Raekke, naturvidensk. og mathem. Afd., IX. Bd. 6 & 7. Kjøbenhavn, 1871 & 1872; 4°. — Oversigt. 1871, Nr. 3; 1872. Nr. 1. Kjøbenhavn; 8°.

American Academy of Arts & Sciences: Memoir of Sir Benjamin Thompson, Count Rumford, with Notices of his Daughter. By George E. Ellis. Philadelphia; 8°.

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt.) 11. Jahrg., Nr. 14. Wien, 1873; 8°.

Beobachtungen, Schweizer. Meteorologische. 1871 (Schluss), nebst März & April 1872. Zürich; 4°.

Comitato, R., geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1873, Nr. 3 e 4. Firenze; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 17. Paris, 1873; 4°.

Essex Institute: The American Naturalist. Vol. I, Nrs. 1—12. March 1867 — February 1868; Vol. V, Nrs. 2—12. April—December 1871; Vol. VI, Nrs. 1—11. January to November 1872. Salem; 8°.

es dem Einflusse reducirender und oxydirender Substanzen unterworfen wird und folglich einen beständigen Einfluss auf den Grad der Säuerung einer Lösung ausübt, in welcher sich solche Substanzen neben Phosphorsäure und Oxyden des Eisens befinden.

Wenn diese Beobachtungen durch Wiederholung von Seite Anderer ihre Bestätigung erhalten haben werden, wird die Anerkennung ihrer Bedeutung nicht fehlen.

Über die Proteïnstoffe.

Von **H. Hlasiwetz** und **J. Habermann.**

Zweite Abhandlung.

(Mit 2 Holzschnitten.)

Als wir uns mit den Proteïnstoffen zu beschäftigen begannen, waren wir von der in unserer ersten Abhandlung begründeten Vermuthung ausgegangen, es könnte eine Beziehung zwischen denselben und den Kohlehydraten bestehen, und wir glaubten, es würde sich ein Beweis hiefür in den Producten einer vorsichtigen Oxydation dieser Stoffe finden lassen, nach einer Methode, die wir früher bei den Kohlehydraten selbst mit dem Erfolg angewendet hatten, dass wir durch sie zu bestimmten, für die Kohlehydrate charakteristischen Säuren gelangt waren.

Die Frage liess sich indess auf diese Weise nicht sicher entscheiden; wir erhielten solche Säuren nicht, sondern wieder nur entferntere Umsetzungsproducte (Essigsäure, Oxalsäure), die ebenso gut von anderen Verbindungen als von den Kohlehydraten abstammen konnten. Aber wir waren durch unsere Arbeit doch zu der Einsicht gekommen, dass die Zahl der nächsten primären Umsetzungsproducte der Proteïnstoffe eine beschränkte sein müsse, und wenn es nur gelänge, diese glatt abzuspalten, so war, dachten wir, für die chemische Charakteristik derselben doch ein weiterer Anhaltspunkt gefunden.

Man weiss bereits aus früheren Untersuchungen, dass nicht oxydirende Säuren (Salzsäure, verdünnte Schwefelsäure) gleichfalls eine zersetzende Wirkung auf Proteïnstoffe äussern, die möglicher Weise jener analog sein konnte, welche unter denselben Umständen bei den Glucosiden eintritt. Man hatte jedoch unter den Producten dieser Zersetzung noch niemals nach Kohlehydraten gesucht. Dies und der Umstand, dass pflanz-

liche Proteïnstoffe hierbei auch ein besonderes, neues Zersetzungsproduct, die Glutaminsäure liefern, welches aus den thierischen zu erhalten bisher nicht möglich war, bestimmten uns, auch diese Zersetzungsart in dem Sinne genauer zu studiren, dass wir alle dabei auftretenden Producte kennen lernten, und nicht noch weiter unentwirrbare Reste übrig behielten.

Es zeigte sich nun bald, dass die Salzsäure, mit der wir unsere Versuche begannen, und die wir wählten, weil sie sich durch ihre Flüchtigkeit leichter entfernen zu lassen versprach als die Schwefelsäure, neben der blossen Spaltung auch noch eine tiefer gehende Zersetzung bewirkt, in Folge welcher die saure Lösung der Proteïnstoffe bei anhaltendem Kochen braun, zuletzt fast schwarz und dicklich wird

Nach zahlreichen weiteren Versuchen fanden wir endlich in dem Zinnchlorür das zweckmässigste Mittel der Bildung jener gefärbten secundären Producte vorzubeugen, und die Zersetzung glatt und exact auszuführen. Wahrscheinlich wirkt die Salzsäure durch ihren Chlorgehalt doch auch theilweise oxydirend, und diese Wirkung hebt eben das Zinnchlorür auf, denn es zeigt sich, dass bei einem solchen Zusatz die salzsauren Lösungen der Proteïnstoffe auch nach tagelangem Kochen völlig klar und nur wenig gefärbt bleiben, und man erkennt weiter die Betheiligung des Chlorürs an der Reaction daran, dass nach einiger Zeit der Einwirkung Schwefelwasserstoff in der verdünnten Flüssigkeit nicht mehr den braunen Niederschlag des Zinnsulfürs, sondern den gelben des Sulfids erzeugt.

Caseïn.

Schon bei unseren ersten Versuchen hatten wir in dem Caseïn jene Proteïnmodification erkannt, mit der man am vortheilhaftesten arbeitet, weil sie sich leichter und glatter umsetzt als die übrigen, und es lässt sich das Caseïn auch für die Gewinnung der Producte dieser Reaction am meisten empfehlen.

Wir theilen am Schlusse die Erfahrungen mit, welche wir mit den anderen Proteïnstoffen gemacht haben.

Die folgende Vorschrift wird man ganz verlässlich finden, wenn man, was hier unbedingt nöthig ist, mit grösseren Mengen Substanz arbeitet.

Man bringt in einen geräumigen Kolben ½ Kilo reines, völlig fettfreies Caseïn, dazu 1 Liter reiner Salzsäure gewöhnlicher Stärke, und fügt, nachdem das Caseïn von der Säure gleichmässig durchdrungen und aufgequollen ist, ein Liter Wasser und ¾ des Gewichts vom angewandten Caseïn (375 Gramm) krystallisirtes Zinnchlorür hinzu, verbindet den Kolben mit einem Rückflusskühler, und erhitzt das Ganze anfangs unter öfterem Umschwenken bis zum Sieden, worin man es drei Tage lang ununterbrochen erhält.

Die violette Farbe des in der Salzsäure gelösten Caseïns geht nach dem Zusatze des Zinnchlorürs in eine lichtbräunliche über, und diese behält die völlig klare Flüssigkeit während der ganzen Zeit des Siedens.

Hierauf verdünnt man mit etwa dem zehnfachen Volum Wasser, und fällt das Zinn mit Schwefelwasserstoff aus. Das Filtrat wird nun auf dem Wasserbade eingedampft, bis es die Consistenz eines Syrups besitzt, auf welchem sich ein mattes krystallinisches Häutchen zu bilden beginnt, und an einem kühlen Ort unter einer Glocke zum Krystallisiren hingestellt

War die Concentration gut getroffen, so beginnt meistens schon nach einigen Stunden die Krystallisation, und nach etwa zwei Tagen ist das Ganze zu einem salbenartigen Brei feiner nadelförmiger Krystalle erstarrt, die im Wasser äusserst leicht löslich sind.

Sie von der dicken Mutterlauge zu befreien, gelingt nach unseren zahlreichen Erfahrungen nur so, dass man auf Trichtern, in deren Spitze man ein kleines, weitmaschiges Leinwandfilterchen gesteckt hat, das Flüssige mittelst der Bunsen'schen Filtrirpumpe absaugt (wozu etwa 24 Stunden nöthig sind) und hierauf die noch weiche, schmierige Krystallmasse auf feine, weisse Thonplatten in dünner Lage aufstreicht. In diese saugt sich der Rest der Mutterlauge ein, und die Krystalle (A) hinterbleiben als eine etwas verfilzte, fast völlig weisse Kruste.

Die, die Mutterlaugen enthaltenden Platten werden in einer Porzellanschale mit Wasser wiederholt ausgekocht, und die erhaltene Flüssigkeit zum Verdünnen der abgesaugten dicklichen Lauge benützt.

Es handelt sich nun darum, die noch vorhandene Salzsäure aus diesen verdünnten Laugen zu entfernen.

Dies geschähe allerdings am besten mit feuchtem Silberoxyd. Allein der Verbrauch an diesem theuern Metalloxyd ist, wenn man mit grösseren Mengen Caseïn arbeitet, ein so beträchtlicher, dass wir uns nach einem Surrogat für dasselbe umsehen mussten.

Nach mancherlei Versuchen blieben wir bei dem Kupferoxydul stehen, welches wir nach der Vorschrift von Mitscherlich (Gmelin III. 379) bereitet hatten, und unter Wasser vorräthig hielten.

Wir brachten die, bis auf 50° C. erwärmte saure Flüssigkeit in eine Flasche, und trugen unter Umschütteln den Kupferoxydulschlamm so lange ein, bis sich ein Überschuss desselben durch die röthliche Farbe des beim Schütteln entstehenden Schaums zu erkennen gab.

Die über dem schweren Niederschlag stehende Flüssigkeit ist lichtblau gefärbt von gelöstem Kupfer, und noch keineswegs ganz salzsäurefrei.

Man filtrirt, wäscht aus, fällt das Kupfer mit Schwefelwasserstoff, und dampft das fast farblose Filtrat wieder ein.

Bei angemessener Concentration scheiden sich nun wieder krystallinische Massen aus, die mikroskopisch betrachtet aus Nadeln *(B)* untersetzt mit rundlichen Körnern eines zweiten Körpers *(C)* bestehen (Tyrosin und Leucin).

Von diesem letzteren erhält man beim weiteren Eindampfen der Laugen noch reichliche Mengen. Zuerst erscheinen milchweisse brüchige Häute, und weiterhin erstarrt unter denselben meist das Ganze zu einem krümlichen weichen Brei.

Von diesem muss die immer dicklicher werdende Flüssigkeit stets mit der Filtrirpumpe abgesaugt werden.

Zuletzt gelangt man zu syrupösen honigartigen Mutterlaugen, aus denen wir nicht ohne grosse Mühe die noch vorhandenen Zersetzungsproducte trennen lernten.

In ihnen hat sich der Rest der Salzsäure angesammelt, die durch das Kupferoxydul nicht vollständig entfernt werden konnte.

Sie enthalten ferner etwas Schwefelsäure, Phosphorsäure und stets Chlorammonium.

Man entfernt die Salzsäure nach dem Verdünnen mit siedendem Wasser durch feuchtes Silberoxyd. Dabei entwickelt sich etwas Ammoniak. Das noch heisse Filtrat entsilbert man schnell mit Schwefelwasserstoff, und vertreibt aus der vom Schwefelsilber ablaufenden Flüssigkeit den Überschuss dieses Gases durch Erhitzen.

Die wieder erkaltete Flüssigkeit lässt dann auf Zusatz von basisch essigsaurem Bleioxyd einen reichlichen weissen Niederschlag entstehen, welcher mit der Vorsicht erzeugt werden muss, keinen Überschuss von Bleiessig, in welchem er etwas löslich ist, hinzuzubringen. Man sammelt diesen Niederschlag *(D)*, wäscht ihn mit kaltem Wasser aus, und gewinnt die darin enthaltene Säure *(E)* durch Zersetzen mit Schwefelwasserstoff.

Die von dem Bleiniederschlag *D* abgelaufene Flüssigkeit wird gleichfalls durch Schwefelwasserstoff vom Blei befreit, und das Filtrat *(d)* eingedampft.

Nach langem und umsichtigen Suchen, wobei wir besonders auf zuckerartige Kohlehydrate, Kreatin, Sarkosin, Neurin, Glycocoll und Harnstoff Rücksicht nahmen, konnten wir in demselben doch nur mehr einen Antheil Leucin und einen Rest zweier Säuren auffinden, davon die eine sich, wie weiter unten gezeigt wird, aus *A* darstellen lässt, während die zweite hauptsächlich in dem Bleiniederschlag *D* enthalten ist.

Die durch den Bleiessig hinzugebrachte Essigsäure hatte die quantitative Abscheidung des letzteren Bleiniederschlags verhindert, und wir fanden schliesslich folgendes Verfahren als das beste, die noch vorhandenen Substanzen zu gewinnen:

Wir erhitzten die Flüssigkeit *(d)* bis zum Sieden, und trugen aufgeschlämmtes Kupferoxydhydrat so lange ein, als sich noch davon auflöste. Die so erhaltene dunkel lasurblaue filtrirte Lösung lässt, je nach ihrer Concentration, beim Auskühlen etwas Leucinkupferoxyd fallen (welches abfiltrirt wird) oder sie bleibt klar.

Die klare Flüssigkeit gab nun auf Zusatz von essigsaurem Silber oder basisch-essigsaurem Blei Niederschläge *(F)*, welche

den Rest der erwähnten Säuren enthielten, und ein blaues Filtrat *(f)*.

(Salpetersaures Silber fällt ebenso, und wenn es nicht auf die Verwendung des Filtrats *(f)* ankommt, welches nach dem Behandeln mit Schwefelwasserstoff Salpetersäure enthalten muss, ist es am besten, dieses Salz zur Fällung zu benützen. Es hat auch Vorzüge vor dem basisch essigsauren Blei, denn mit ihm bekamen wir manchmal noch eine Fällung, während Bleiessig keine erzeugte. Nur mit Ammoniak versetzte Bleizuckerlösung reagirte noch. Die Säuren aus der Silber- und aus der Bleifällung sind identisch. Die Silberfällungen dürfen nicht lange gewaschen werden, weil sie in Wasser etwas löslich sind. Sie werden am besten mit der Pumpe filtrirt, dann abgepresst, und, um die Säuren daraus zu gewinnen, mit kaltem Wasser zum Schlamm zerrieben, und mit Schwefelwasserstoff zersetzt.)

Die abgelaufene Flüssigkeit *(f)* behandelten wir wieder mit Schwefelwasserstoff, und dampften das nur schwach gefärbte Filtrat bis zum dünnen Syrup ein.

Das, nunmehr beim Stehen sich in krümligen weichen durchscheinenden Massen ausscheidende Leucin, welches von den Mutterlaugen mit der Filtrirpumpe und durch Aufstreichen auf Thonplatten wie früher befreit wurde, welches sich sehr leicht in Wasser löste und von süsslichem Geschmack war, waren wir anfangs geneigt für eine ihm homologe Verbindung zu halten, weil es auch nach öfterem Umkrystallisiren aus der, mit Kohle entfärbten schwach sauren Lösung Zahlen gab, die sich einigemale der Formel $C_4H_9NO_2$ näherten.

Es erschien als eine kreideweisse, unter dem Mikroskop aus kugligen Aggregaten bestehende leichte Masse, und wir dachten in ihr jenen Körper in reiner Form zu besitzen, über welchen schon andere Beobachter Andeutungen gemacht haben.[1]

Als wir jedoch bei mehreren Bereitungen keine übereinstimmenden Zahlen bekamen, Zahlen, welche beim gleichen Aussehen der Substanz doch mehrmals auch wieder der Leucin-

[1] R. Theile. Chem. Centralblatt 1867. S. 312. H. Ritthausen. Journal für prakt. Chemie 1868. Band CIII. S. 235.

formel sehr nahe standen und die endlich ganz scharf wurden, als wir durch 5—6maliges Umkrystallisiren aus schwachem Weingeist reinigten, wodurch die Substanz auch das Äussere des Leucins annahm, durften wir überzeugt sein, dass wir es bis dahin immer nur mit Leucin zu thun gehabt hatten, welches durch eine geringe Beimischung eines zweiten Körpers etwas im Aussehen und der Zusammensetzung verändert war.

Nach der Gewinnung auch dieses Theils des Leucins blieb uns noch eine kleine Menge letzter dicklicher leimartig riechender, honiggelb gefärbter Mutterlauge, welche vom Neuen so behandelt wie oben erzählt wurde (mit Kupferoxydhydrat, dann essigsaurem oder salpetersaurem Silber oder basisch-essigsaurem Blei) nur noch etwas Leucin und die fällbaren Säuren, sonst aber, wie schon erwähnt, kein charakteristisches Zersetzungsproduct mehr lieferte.

Selbstverständlich müssen diese letzten Laugen Essigsäure, Ammoniak und die Aschenbestandtheile des Caseïns enthalten.

Wir beschreiben nun die, nach dem vorstehenden Gange der Zersetzung des Caseïns erhaltenen Producte.

A. (Glutaminsäure.) Die rohe, schon in kaltem Wasser äusserst lösliche Krystallmasse lässt sich aus sehr concentrirter filtrirter Lösung rein und farblos darstellen. Man erhält beim Umkrystallisiren theils tafelförmige, theils zu dichteren Gruppen vereinigte spitze Krystalle von stark saurem Geschmack und saurer Reaction.

Sie sind, wie die Analyse bald zeigte eine, bisher noch nicht beschriebene ziemlich charakteristische Verbindung der, von Ritthausen entdeckten Glutaminsäure ($C_5 H_9 NO_4$) mit Salzsäure. Die Analyse der reinen, bei 100° C. getrockneten Substanz gab:

$C_5 H_9 NO_4.HCl$	gefunden
C—32·7	32·7
H— 5·4	5·3
Cl—19·4	19·4.

Aus dieser Verbindung schieden wir die Glutaminsäure dadurch ab, dass wir in die verdünnte siedende Lösung derselben feuchtes Silberoxyd bis zum Aufhören der Chlorsilberbildung eintrugen, das Filtrat mit Schwefelwasserstoff behandelten, und nach dem Entfernen des Schwefelsilbers wieder etwas eindampften. Bald entstand eine Krystallisation der in Ritthausen's werthvollen Abhandlungen[1] so genau beschriebenen in Blättchen und charakteristischen Tetraëdern anschliessenden Säure, die, wenn sie anfänglich noch etwas gefärbt erscheint, sich doch durch Thierkohle leicht und schnell völlig entfärben lässt.

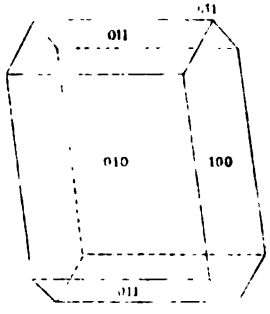
Die Analyse gab (bei 100° getrocknet)[1]:

$C_5 H_9 NO_4$	gefunden
C 40·8	40·8
H 6·1	6·3

Die vorhin beschriebene salzsaure Verbindung entsteht aus ihr durch blosses Auflösen in concentrirter warmer Salzsäure. Sie schiesst schnell nach dem Erkalten an, wird am besten von der sauren Flüssigkeit auf porösen Platten befreit und dann umkrystallisirt. Wir erhielten prächtige Drusen von Krystallen mit mehreren Mm. Durchmesser, die sich leicht krystallographisch bestimmen liessen.

Die folgenden Angaben verdanken wir der Gefälligkeit des Herrn Prof. Ditscheiner.

(Fig. 1.)



Krystallsystem: triklinisch.

Beobachtete Flächen 010. 100. 011. $01\bar{1}$.

010 : 100 = 92° 50′
010 : 011 = 72 40
101 : $01\bar{1}$ = 63 25
110 : 011 = 91 30 annähernd
100 : $01\bar{1}$ = 91 30 annähernd

Die salzsaure Glutaminsäure ist in kalter concentrirter Salzsäure so schwer löslich, dass eine gefärbte Rohkrystallisation derselben mit Salz-

[1] Journal prakt. Chemie 99. 451 und 107. 218.

säure ohne Verlust rein gewaschen werden kann. Beim Umkrystallisiren verfährt man am besten so, dass man in möglichst wenig Wasser löst, filtrirt und mit einem Überschuss von Salzsäure versetzt, wodurch ein Krystallmehl der reinen Verbindung herausfällt, das man auf einem Trichter abtropfen lässt. Den noch feuchten Krystallbrei befreit man auf Thonplatten von noch anhängender Säure.

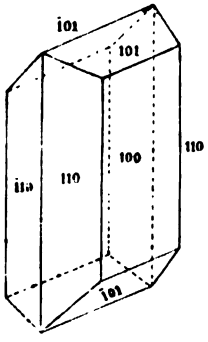
Diese Schwerlöslichkeit der Verbindung in Salzsäure ist ein für die Abscheidung derselben aus der ursprünglichen, von Zinn befreiten und wieder eingedampften Zersetzungslauge des Caseïns sehr günstiger Umstand, dem es zu danken ist, dass man gleich im Anfang den allergrössten Theil der ganzen vorhandenen Glutaminsäuremenge erhält, und nur sehr wenig davon in den Mutterlaugen zurückbleibt.

Bromwasserstoffsaure Glutaminsäure entsteht wie die vorige Salzsäureverbindung direct durch Auflösen der Glutaminsäure in concentrirter Bromwasserstoffsäure.

Wir fanden auch, dass sich die salzsaure Verbindung in die bromwasserstoffsaure durch Erhitzen ihrer Lösung mit einer, der vorhandenen Salzsäure äquivalenten Menge von Brom in verschlossenen Gefässen bei 100° umsetzen lässt. Beim Eindampfen krystallisirt sie leichter, als die vorige und bildet unkrystallisirt sehr schöne Krystalldrusen mit sehr regelmässig entwickelten Individuen von ansehnlicher Grösse.

Bei ihrer Messung fand Herr Prof. Ditscheiner:

(Fig. 2.)



Krystallform: Prismatisch

$a : b : c = 1 : 0{\cdot}8847 : 0{\cdot}4007$

Beob. Flächen: 101 . 110 . 100.

	beob.	ber.
$101 \,.\, \bar{1}01 =$	43° 40′	*
$101 \,.\, 100 =$	69 20	68° 10′
$110 \,.\, 100 =$	48 30	*
$110 \,.\, 1\bar{1}0 =$	96 50	97° 0′
$110 \,.\, \bar{1}10 =$	—	83 0
$101 \,.\, 110 =$	76 3	75 44

Die Flächen 100 sind häufig gekrümmt, so dass die Kante 101 . $\bar{1}01$ Axe dieser Krümmung ist.

Die Bestimmung der Bromwasserstoffsäure ergab die Formel $C_5H_9NO_4 . HBr$:

berechnet		gefunden
HBr 35·5	—	35·1.

Die Glutaminsäure reducirt auch in verdünntester Lösung die Fehling'sche Kupferflüssigkeit beim Erwärmen so leicht wie Traubenzucker.

Die Gegenwart von Leucin kann jedoch das Auftreten dieser sehr empfindlichen Reaction ganz verhindern.

Die Reaction des Traubenzuckers auf die Kupferlösung wird hingegen auch durch grosse Mengen vorhandenen Leucins nicht beeinträchtigt.

Salpetersaures Silber wird von Glutaminsäure weder für sich noch bei Gegenwart von Ammoniak in der Hitze reducirt.

Die Lösung der Glutaminsäure bleibt auf Zusatz von salpetersaurem Silber klar. Sättigt man aber die Glutaminsäure zuvor mit Kupferoxydhydrat, so gibt die erhaltene blaue Lösung mit salpetersaurem Silber einen weissen, beim Schütteln flockig werdenden Niederschlag.

B und *C.* (Leucin und Tyrosin.) Beide Verbindungen sind noch ziemlich gefärbt und das Rohleucin enthält stets noch wechselnde Mengen Tyrosin neben Spuren der übrigen Zersetzungsproducte. Eine kleine Menge Tyrosin enthält auch meistens noch das Schwefelkupfer (siehe oben), welches man, wenn das Mikroskop Krystalle darin zeigt, sammelt, und mit Wasser auskocht.

Zur Trennung von Tyrosin und Leucin wurde das Rohpräparat mit ziemlich viel Wasser in einem Kolben zum Sieden erhitzt, und so viel Ammoniak zugesetzt, dass sich das Ganze vollständig löste.

Hierauf wurde in die heisse, vom Feuer genommene Flüssigkeit Bleiessig unter Umschwenken so lange eingetragen, bis der fallende anfangs braune Niederschlag weiss zu sein begann.

Dazu genügt in der Regel eine ganz kleine Menge Bleiessig und die braune flockige Fällung enthält fast alles Färbende.

Das lichtweingelbe Filtrat wurde wieder bis nahe zum Sieden gebracht, verdünnte Schwefelsäure bis zur Sättigung des Ammoniaks und Fällung des Bleies zugetröpfelt, und nochmals schnell filtrirt.

Während das Filtrat verkühlt, fällt das Tyrosin fast quantitativ in bereits ziemlich farblosen Krystallen heraus, während das Leucin gelöst bleibt. In derselben Weise reinigt man auch vorläufig die erste erhaltene Menge des Rohtyrosins *(B)*, vereinigt dann beide Quantitäten, und unterwirft sie einer letzten Reinigung durch Auflösen in verdünnter Salzsäure, Entfärben mit Thierkohle, und Fällung durch essigsaures Natron.

In das vom Tyrosin getrennte Filtrat leitet man Schwefelwasserstoff, und gewinnt aus der von einer kleinen Menge Schwefelblei getrennten und wieder eingeengten Flüssigkeit das Leucin.

Aus dem Rohpräparat wird, wie wir fanden, chemisch reines Leucin am besten und schnellsten gewonnen, wenn man in dessen siedende Lösung frisch gefälltes Kupferoxyd im Überschuss einträgt und damit kurze Zeit kochen lässt.

Nach Gössmann's Beobachtung (Annal. 91. 129) erhält man hiebei eine, mit lasurblauer Farbe lösliche Verbindung, die aus dem concentrirten Filtrat bald in himmelblauen Warzen krystallisirt, und eine unlösliche, wahrscheinlich basischere Verbindung, die bei dem Überschuss des Kupferoxydhydrats auf dem Filter bleibt.

Diesen Filterrückstand wäscht man gut aus, und zersetzt ihn unter siedendem Wasser mit Schwefelwasserstoff.

Einige Tropfen zugesetzter Essigsäure beschleunigen sehr das sonst sehr langsame Filtriren der erhaltenen Flüssigkeit.

Das farblose Filtrat dampft man dann ein, und die erste, fast schon farblose Krystallisation krystallisirt man noch einmal mit etwas Thierkohle um: Hatte man in nicht zu viel Wasser gelöst, so fällt nun gleich beim Auskühlen des wasserhellen Filtrats das Leucin in der Form absolut farbloser, glänzender leichter Krystallblättchen von unregelmässigen Contouren heraus, die getrocknet einige Ähnlichkeit mit Cholestearin besitzen, wie schon Mulder (Gmelin V. 822) einmal bemerkt hat.

Aus der blauen löslichen Leucinkupferverbindung wurde in derselben Weise das Leucin meistens in concentrisch oder büschelförmig gruppirten mikroskopischen Nadeln erhalten.

Es scheint, dass die kleinsten Mengen an Nebenbestandtheilen hinreichen, das Äussere des Leucins abzuändern.

D und *E*. (Asparaginsäure.) Der durch Bleiessig entstandene Niederschlag *D* wird unter heissem Wasser mit Schwefelwasserstoff zersetzt. Die vom Schwefelblei ablaufende Flüssigkeit gibt nach dem Concentriren Krystalle einer Säure, welche durch Entfärben und Umkrystallisiren farblos erhalten wird, u. meistens in glänzenden Blättchen erscheint.

Die Analyse zeigte, dass sie fast reine Asparaginsäure ist. Um sie schnell völlig rein und frei von Spuren von Glutaminsäure zu erhalten, ist es am zweckmässigsten, die nach dem Zersetzen des Bleiniederschlages *D* mit Schwefelwasserstoff erhaltene Flüssigkeit zuerst durch Erhitzen von dem Gase zu befreien, etwas zu concentriren, und, ist sie erheblich gefärbt, mit Thierkohle zu behandeln. Dann erhitzt man sie in einem Kolben bis zum Sieden, und trägt feuchtes Kupferoxydhydrat ein.

Die dadurch erhaltene wieder filtrirte lasurblaue Lösung gibt dann bald nach dem Auskühlen eine reichliche, die ganze Flüssigkeit breiig erfüllende Krystallisation des für diese Säure charakteristischen himmelblauen, nach dem Krystallisiren schwer löslichen Kupfersalzes, während allenfalls vorhandene Glutaminsäure in der Mutterlauge gelöst bleibt, aus welcher man sie, nachdem man das Kupfer durch Schwefelwasserstoff wieder entfernt hat, nach dem Verfahren trennen kann, welches Rittbausen zur Scheidung von Glutaminsäure und Asparaginsäure in seiner Abhandlung (Journ. prakt. Chemie CVII. 222) beschreibt.

Das blaue Kupfersalz, unter heissem Wasser mit Schwefelwasserstoff zersetzt, liefert dann die Säure chemisch rein.

Die Analyse gab die nachstehenden Resultate.

$C_4H_5CuN_4$		gefunden	$C_4H_7NO_4$		gefunden	
					I	II
C 24·7	—	24·5	C 36·1	—	36·3	36·2
H 1·6	—	2·8	H 5·3	—	5·4	5·5
Cu 32·6	—	32·2				

Die Asparaginssäure zeichnet sich gleich der Glutaminsäure durch die Eigenschaft aus, noch in verdünntester Lösung eine Fehling'sche Kupferlösung zu reduciren.[1]

Sie theilt auch das Verhalten der Glutaminsäure gegen Silber und Bleisalze.

F. Die im Vorhergehenden mit *F* bezeichneten Niederschläge bestehen aus viel asparaginsaurem und wenig glutaminsaurem Salz.

Die beiden Säuren wurden mit Schwefelwasserstoff isolirt, und nach dem oben citirten Verfahren Ritthausen's getrennt und erkannt.

Ammoniak. Die durch die Zersetzung des Caseïns mit Salzsäure und Zinnchlorür erhaltene Flüssigkeit enthält stets Salmiak. Versetzt man einen Theil der concentrirten Lauge, aus welcher man in der angeführten Weise die Glutaminsäure und die Hauptmengen des Tyrosins und Leucins entfernt hat, mit Platinchlorid, so fällt sofort ein ziemlich reichlicher Niederschlag von Platinsalmiak heraus. Er enthielt nach dem Waschen und Trocknen 43·8 Proc. Platin; berechnet ist 44·3 Platin.

Substituirte Ammoniake haben wir unter den Zersetzungsproducten des Caseïns nicht finden können.

Als einmal die ursprüngliche, saure, noch zinnhaltige Flüssigkeit zufällig mit Schwefelwasserstoff nur unvollkommen

---

[1] Es scheint nunmehr geboten, in normalem und krankhaftem Harn nach Asparaginsäure und Glutaminäure zu suchen, denn es ist, wie man schon öfters geäussert hat, doch möglich, dass, wenn der Harn die Trommer'sche Kupferprobe zeigt, dies nicht immer nur von Traubenzucker herrühren muss.

Sehr bemerkt zu werden verdient, dass die kürzlich von Thudichum beschriebene „Kryptophansäure" des Harns (Chem. Centralblatt 1870. 299), welche gleichfalls Kupferoxyd in alkalischer Lösung reducirt, die Formel $C_5H_9NO_5$ geliefert hat (Glutaminsäure ist $C_5H_9NO_4$).

Die Säure Thudichum's und ihre Salze waren amorph.

Wir haben wiederholt beobachtet, dass unreine Glutaminsäure und Asparaginsäure nur zu sauren amorphen Massen eintrocknen, und die Vermuthung, dass die Krytophansäure nur unreine Glutaminsäure gewesen sei, liegt nahe.

behandelt und nach dem Abfiltriren des Schwefelzinns eingedampft worden war, erhielten wir noch vor dem Erscheinen der salzsauren Glutaminsäure eine Krystallisation des bekannten Doppelsalzes von Chlorzinn — Chlorammonium, aus welchem gleichfalls der Salmiak abgeschieden, und mit gewöhnlichem Salmiak identificirt wurde.

Aus der vorhin erwähnten Lauge, aus der wir den Platinsalmiak dargestellt hatten, haben wir das Ammoniak noch quantitativ zu bestimmen gesucht, indem wir gemessene Mengen derselben mit Barytwasser erhitzten, und das Ammoniak in titrirter Salzsäure auffingen.

Die vorstehenden Thatsachen sind das Resultat aus acht, im Wesentlichen ganz gleich verlaufenen, nach der beschriebenen Methode ausgeführten Versuchen.

Danach betrachten wir als erwiesen:

1. Das Caseïn liefert als Zersetzungsproducte ausschliesslich:

a) Glutaminsäure.

b) Asparaginsäure.

c) Leucin.

d) Tyrosin.

e) Ammoniak.

2. Es liefert weder Kohlehydrate, noch charakteristische Derivate derselben. Früheren Vermuthungen entgegen können Kohlehydrate bei seiner Constitution nicht betheiligt sein.

3. Es ist höchst wahrscheinlich, dass das stets auftretende Ammoniak von jenen im Caseïn primär enthaltenen Verbindungen abstammt, welche gleichzeitig Asparaginsäure und Glutaminsäure liefern.

Damit ist auch für das Verhältniss des sogenannten „lose gebundenen Stickstoffs“ der Proteïnstoffe, auf welchen man schon wiederholt aufmerksam gemacht hat,[1] und dessen genaue

---

[1] Erlenmeyer und Schöffer. Journal prakt. Chemie 1860. 357. — Theile: Chem. Centralblatt 1867. 385. — Wanklyn. Pharm. Journal and Transact. I. 66. — Hüfner. Chem. Centrbl. 1872. 152.

quantitative Bestimmung erst kürzlich wieder O. Nasse vornahm, [2] eine ungezwungene Erklärung gefunden.

Es ist dies der Stickstoff jener NH_2-Gruppe, die aus Verbindungen wie Asparagin und Glutamin in der Form von Ammoniak austritt, wenn sich Asparaginsäure und Glutaminsäure bilden.

Verbindungen dieser Art, welche beim Erhitzen mit Säuren oder Alkalien, unter Wasseraufnahme Ammoniak verlieren und diese Säuren liefern, müssen im Caseïn und den Proteïnstoffen überhaupt präexistirend angenommen werden.

Ob diese indess mit dem gewöhnlichen Asparagin und dem noch darzustellenden homologen Glutammin identisch sind, und ob die erhaltenen Säuren nicht schon Producte einer moleeularen Umlagerung und Vorschiebung sind, lässt sich vorläufig noch nicht ausmachen.

4. Die Glutaminsäure charakterisirt nicht ausschliesslich die pflanzlichen Proteïnstoffe, wie man nach den Versuchen von Kreusler (Journal. prakt. Chemie 107. 240), der sie aus thierischen nicht erhalten konnte, anzunehmen versucht sein könnte, sondern sie ist ein constantes, und der Menge nach bedeutendes Zersetzungsproduct aller bis jetzt noch als Hauptformen angenommenen thierischen Proteïnstoffe. Aus Caseïn erhielten wir im Maximum etwa 29 Procent.

Wir haben die Zersetzung der Proteïnstoffe nach unserer Methode auch versucht bei dem Albumin, Legumin und dem Pflanzeneiweiss, und das qualitative Ergebniss war dasselbe wie beim Caseïn.

Wir waren ferner bemüht, für diese Zersetzungsweise einen quantitativen Ausdruck zu finden, allein wir sind noch nicht dahin gelangt, der Scheidung und Bestimmung der Mengen der einzelnen Zersetzungsproducte die wünschenswerthe Genauigkeit zu geben.

Nur das vermögen wir auf Grund zahlreicher, bereits gesammelter Daten zu constatiren, dass die verschiedenen

---

[1] Pflüger's Archiv für Physologie VI. 589. VII. 139.

Proteïnmodificationen verschiedene Mengen dieser Produkte liefern, und es erscheint uns jetzt schon als mehr, denn eine blosse Vermuthung, dass die Differenzen der Eigenschaften der Proteïnmodificationen in einem verschiedenen Verhältniss der dieselben constituirenden primären Atomgruppen zu suchen sein werde.

Wir betrachten es als unsere nächste Aufgabe, die Methode dahin zu vervollkommnen, um mittelst derselben verlässliche Zahlenangaben zu erhalten.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

LXVII. BAND. III. ABTHEILUNG.

JAHRGANG 1873. — HEFT I BIS V.

(Mit 5 Tafeln und 7 Holzschnitten.)

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1873.

INHALT.

Seite

I. Sitzung vom 2. Jänner 1873: Übersicht 3

Weiss, Über die Quelle des Leberglycogens. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 5

II. Sitzung vom 9. Jänner 1873: Übersicht 16

Urbantschitsch, Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Paukenhöhle. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] . 19

III. Sitzung vom 16. Jänner 1873: Übersicht 31

IV. Sitzung vom 30. Jänner 1873: Übersicht 34

V. Sitzung vom 6. Februar 1873: Übersicht 39

VI. Sitzung vom 13. Februar 1873: Übersicht 42

Nowak, Über die Harnstoffbestimmung mittelst titrirter salpetersaurer Quecksilberoxydlösung. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 45

VII. Sitzung vom 6. März 1873: Übersicht 55

Kusnezoff, Über blutkörperchenhaltige Zellen der Milz. [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 58

VIII. Sitzung vom 13. März 1873: Übersicht 68

IX. Sitzung vom 20. März 1873: Übersicht 71

X. Sitzung vom 3. April 1873: Übersicht 77

Reich, Einige mikroskopische Studien mit Silbersalpeterlösung besonders an Gefässen des Auges und anderer Organe. [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 81

XI. Sitzung vom 17. April 1873: Übersicht 97

Heitzmann, Untersuchungen über das Protoplasma. I. Bau des Protoplasmas. (Mit 7 Holzschnitten.) [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 100

XII. Sitzung vom 24. April 1873: Übersicht 116

Mauthner, Über den mütterlichen Kreislauf in der Kaninchenplacenta mit Rücksicht auf die in der Menschenplacenta bis jetzt vorgefundenen anatomischen Verhältnisse. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 50 kr. = 10 Ngr.] 118

Seite

XIII. Sitzung vom 8. Mai 1873: Übersicht 127

Thin, Über den Bau der Tastkörperchen. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] 130

XIV. Sitzung vom 15. Mai 1873: Übersicht 135

XV. Sitzung vom 23. Mai 1873: Übersicht 138

Heitzmann, Untersuchungen über das Protoplasma. II. Das Verhältniss zwischen Protoplasma und Grundsubstanz im Thierkörper. (Mit 2 Tafeln.) [Preis: 60 kr. = 12 Ngr.] . 141

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

1.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

I. SITZUNG VOM 2. JÄNNER 1873.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Hofrath Freih. v. Ettingshausen den Vorsitz.

Herr Dr. L. J. Fitzinger in Pest übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Versuch einer natürlichen Classification der Fische.“

Herr Hofrath Dr. E. Ritter v. Brücke überreicht eine in seinem physiologischen Institute ausgeführte Arbeit: „Über die Quelle des Leberglycogens,“ vom Herrn stud. med. Sigmund Weiss.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia, Real, de Ciencias medicas, fisicas y naturales de la Habana: Anales. Entrega XCVII—C. Tomo IX. Habana, 1872; 8°.

Accademia Pontificia de' nuovi Lincei: Atti. Anno XXV, Sess. 7ª. Roma, 1872; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrg., Nr. 36; 11. Jahrgang, Nr. 1. Wien, 1872 & 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1915 (Bd. 80. 19.) Altona, 1872; 4°.

Bibliothèque Universelle & Revue Suisse: Archives des sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVᵉ, Nr. 179. Genève, Lausanne, Paris, 1872; 8°.

Chlebik, Franz, Kraft und Stoff, oder der Dynamismus der Atome aus Hegel'schen Prämissen abgeleitet. Berlin, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 24. Paris, 1872; 4°.

Gelehrten-Verein, serbischer, zu Belgrad: Glasnik. Knjiga. XXXIV & XXXV. Belgrad, 1872; 8°.

Gesellschaft, physikal.-medicin., in Würzburg: Verhandlungen. N. F. III. Band, 3. Heft. Würzburg, 1872; 8°.

Gesellschaft, naturforschende, zu Emden: Kleine Schriften. XVI. Emden, 1872; 8°.

— böhmische chemische: Berichte. 1. & 2. Heft. Prag, 1872; 8°. (Böhmisch).

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 51—52. Wien, 1872; 4°.

Istituto, Reale, Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo I., Serie IV^a, Disp. 10^a. Venezia, 1871—72; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXVIII, Heft 4. Speyer, 1872; 8°.

— über die Fortschritte der Mathematik, von C. Ohrtmann, F. Müller, A. Wangerin. II. Band. Jahrgang 1869 & 1870, Heft 2. Berlin, 1872; 8°.

Jena, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem zweiten Halbjahre 1872. 4° & 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VI, 6. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 26. Graz, 1872; 4°.

Lese-Verein, akadem., an der k. k. Universität und st. l. technischen Hochschule in Graz: V. Jahresbericht. Graz, 1872; 8°.

Lotos. XXII. Jahrgang. November 1872. Prag; 8°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administr. Militär-Comité. Jahrgang 1872, 12. Heft. Wien; 8°.

Nature. Nrs. 164—165, Vol. VII. London, 1872; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 16. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIe Année, 2e Série, Nrs. 25—26. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Verein, Siebenbürgischer, für Naturwissenschaften: Verhandlungen & Mittheilungen. XXII. Jahrgang. Hermannstadt, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 51—52. Wien, 1872; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 17. Heft. Wien, 1872; 4°.

Über die Quelle des Leberglycogens.

Von **Sigmund Weiss**, stud. med.

(Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.)

Bald nach Entdeckung des Glycogens machte sich die naheliegende Ansicht geltend, dass dasselbe von den mit der Nahrung eingeführten Kohlehydraten abstamme. Bernard bestritt dies und leitete das Glycogen aus der Zersetzung von Eiweisskörpern her, weil er auch bei Thieren, welche er ausschliesslich mit Fleisch gefüttert hatte, nicht unbedeutende Mengen von Glycogen in der Leber fand, ein Grund, der uns heutzutage nicht mehr als stichhältig erscheint, da wir wissen, dass im Muskelfleische, auch ausgewachsener Thiere, Glycogen enthalten ist. Die Ansicht, dass das Leberglycogen von den Kohlehydraten der Nahrung abstamme, wurde von Neuem verfochten von Pavy. Er wies den grossen Einfluss nach, welchen die Menge der eingeführten Kohlehydrate schon in kurzer Zeit auf die Menge des in der Leber abgelagerten Glycogens ausübt. Zugleich bestritt er die von Bernard angenommene stetige Umwandlung des Glycogens in Zucker, weil er in der Leber, die dem eben getödteten Thiere entnommen war, keinen Zucker fand. Seine Versuche wurden im hiesigen physiologischen Institute im Jahre 1865 von Tscherinoff wiederholt, der sich dabei einer anderen Methode der quantitativen Bestimmung des Glycogens bediente [1]. Auch Tscherinoff fand, dass nicht nur in Folge von Stärkefütterung, sondern in demselben Grade in Folge von Zuckerfütterung sich in kurzer Zeit grosse Mengen von Glycogen in der Leber anhäufen, und dass andererseits das Glycogen aus der Leber

[1] Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. Bd. LI. Abth. II. p. 412—419.

schwindet, bei Thieren, die nur mit Fibrin und Fett gefüttert wurden. Er fand aber, im Widerspruch mit Pavy, stets auch Zucker in der ganz frischen Leber, wenngleich nur in sehr geringer Menge [1]. Es konnte also die continuirliche Umwandlung des Glycogens in Zucker während des Lebens auf diese Versuche hin nicht in Abrede gestellt werden. Auch in anderer Beziehung folgte er Pavy damals in seinen Schlüssen nicht, indem er die Möglichkeit offen liess, dass in der Leber continuirlich Glycogen abgelagert werde, welches seinen Ursprung der Zersetzung von Eiweisskörpern verdankt, und dass vielleicht die mit der Nahrung eingeführten Kohlehydrate nur dadurch zur Anhäufung des Glycogens beitrügen, dass sie durch den Respirationsprocess verzehrt wurden, durch den sonst das Leberglycogen verbraucht worden wäre.

In einer späteren, in Moskau geschriebenen Abhandlung (Zur Lehre von dem *Diabetes mellitus*, Virchow's Archiv Bd. 47, pag. 102 ff.) hat sich Tscherinoff auch in Rücksicht auf die Entstehung des Glycogens ganz auf die Seite von Pavy gestellt, indem er meint, dass es aus dem eingeführten oder im Darmcanale gebildeten Zucker entstehe, und vorschlägt, es hinfort nicht mehr Glycogen, sondern Glycophthyrium zu nennen, weil es auf Kosten des Zuckers entstehe. Dieser Ansicht hat sich in neuester Zeit auch Dock angeschlossen. (Über die Glycogenbildung in der Leber und ihre Beziehungen zum *Diabetes*. Aus dem physiol. Laboratorium in Zürich. Pflüger's Archiv Bd. V, pag. 571—583.)

Dock erhebt gegen die Arbeiten von Pavy und Tscherinoff eine Anzahl von Einwänden, die hauptsächlich gegen die Art und Weise, wie die Genannten das Glycogen quantitativ bestimmten, gerichtet sind. Es veranlasste ihn dies, neue Versuche anzustellen und dabei das Glycogen direct nach der von Prof. Brücke angegebenen Methode zu bestimmen.

Er liess zwei oder mehrere Kaninchen durch einige (4—7) Tage fasten. Hierauf erhielt das eine mehrere Injectionen von Traubenzuckerlösungen in den Magen (im Ganzen 20—50 Gr.

[1] Nach seiner Schätzung 0·1 Proc. der frischen Lebersubstanz. l. c. pag. 415.

im Verlaufe von 4—42 Stunden) und wurde dann getödtet, während das andere am Beginn der Injectionsreihe am ersten, oder nach einer Anzahl von Wasserinjectionen umgebracht wurde.

Das ausnahmslos constante Resultat dieser Versuche war, dass nach mehrtägigem Hungern die Leber kein oder nur äusserst geringe Mengen von Glycogen enthält, hierauf aber durch wenige Zuckerinjectionen ein reichlicher Glycogengehalt der Leber erzeugt wird. Werden statt der Zuckerinjectionen nur Wasser- oder Eiweissinjectionen gemacht, so stellt sich kein Glycogengehalt der Leber ein. (l. c. pag. 575.)

In Folge dieser Versuchsresultate ist Dock in Rücksicht auf die Entstehung des Glycogens gleicher Ansicht mit Pavy und Tscherinoff.

Die Schwierigkeit sich vorzustellen, dass im Thierkörper Glycogen aus Zucker entstehe, schien mir so gross, dass ich mich fragen musste, ob denn die von Tscherinoff in seiner ersten Arbeit offen gelassene Möglichkeit wirklich vollständig beseitigt sei. Es kann zunächst wohl nicht in Abrede gestellt werden, dass im Magen und Darmcanal der Versuchsthiere ein Theil des Zuckers in Milchsäure überging, die als solche resorbirt wurde und vielleicht durch ihren Zerfall im Blute das Glycogen vor den Angriffen des respiratorischen Sauerstoffes und dadurch vor Umwandlung und Zerstörung schützte, so dass es sich in der Leber anhäufen konnte. Dieselbe Rolle könnte man dem Zucker zuschreiben, welcher als solcher resorbirt wird. Dies Letztere stellt Dock freilich in Abrede, indem er sich auf Scheremetjewski's Versuche beruft. (Über die Änderung des respiratorischen Gasaustausches durch die Zufügung verbrennlicher Molecüle zum kreisenden Blute. Aus dem Leipziger physiologischen Institute. In den Sächs. academ. Berichten 1869, pag. 154 ff.) Dieser injicirte verschiedene Substanzen ins Blut und fand eine Vermehrung der Kohlensäureausscheidung nach Injection von milch- und capronsaurem Natron, sowie nach Injection von Glycerin, aber nicht nach Zucker.

Eine Vermehrung der Kohlensäureausscheidung musste eintreten, wenn er Substanzen ins Blut brachte, die leichter der Oxydation unterlagen, als diejenigen, auf deren Kosten das Thier ohnehin schon respirirte, oder wenn eine der am leichtesten ver-

brennlichen Substanzen im Blute, die vielleicht nur in beschränkter Menge darin enthalten war, durch Zuschub von aussen vermehrt wurde. Nun zersetzt das Thier höchst wahrscheinlich zunächst die organischen Säuren, die sich in seinem Magen und Darmcanale aus Bestandtheilen des Futters, in Sonderheit aus Kohlehydraten, gebildet haben, und unter diesen spielt Milchsäure sicher eine wesentliche Rolle. Wenn also milch- oder capronsaure Salze injicirt wurden, so war dies ein leicht entzündliches Brennmaterial, das plötzlich in Masse in das Blut hineingeworfen wurde — und dasselbe scheint nach Scheremetjewki's Versuchen vom Glycerin zu gelten.

Anders verhält es sich mit dem Zucker. Wenn er in das Blut hineingebracht wurde, so vermehrte er nicht diejenigen Substanzen, welche das Thier in erster Reihe verbrennt, und welche sich in dem normal ernährten Individuum noch vorfinden mussten. Wenn er also keine augenblickliche Vermehrung der Kohlensäure hervorbrachte, so beweist dies nicht, dass er überhaupt nicht verbrannt wird, denn er mag erst an die Reihe kommen, wenn die leichter verbrennlichen Substanzen nahezu oder gänzlich erschöpft sind, und dies konnte bei Dock's hungernden Thieren sehr wohl der Fall sein.

Ich versuchte deshalb, ob es mir nicht vielleicht gelingen würde, eine ähnliche Glycogenvermehrung wie sie Pavy, Tscherinoff und Dock durch Zuckerfütterung hervorgebracht haben, durch eine andere Substanz zu bewirken, welche nach den Versuchen von Scheremetjewski schnell im Blute zerfällt, und deren Umwandlung in Glycogen noch viel unwahrscheinlicher ist als die Umwandlung des Zuckers in Glycogen.

Ich wählte unter den von Scheremetjewski mit positivem Resultat untersuchten Substanzen das Glycerin als diejenige, welche sich den Thieren in grösserer Menge beibringen liess, ohne weitere Störungen zu verursachen, abgesehen von einer unbedeutenden Diarrhoe, welche ich bisweilen eintreten sah.

Doch ehe ich an die Besprechung der von mir erhaltenen Versuchsresultate gehe, dürfte es nothwendig scheinen, einige Worte über das „wie“ der Versuche zu sagen.

Als Versuchsthiere wurden von mir ausschliesslich Hühner benutzt, welche den Vortheil bieten, dass sie mit der grössten Leichtigkeit einer beliebigen Diät unterworfen werden können, ohne dass ihr Gesundheitszustand darunter leidet. Sie haben ferner vor den Kaninchen, bei denen der Magen bekanntlich nie leer wird, den Vortheil, dass sie keine so grossen Futtermengen in ihren Eingeweiden beherbergen, weshalb jede Änderung in der Diät ihre Wirkung rascher und unmittelbarer ausübt.

Ich liess die Hühner nach dem Ankaufe und ehe sie dem in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Regime unterworfen wurden, durch 24 Stunden fasten, damit nicht Thiere zum Versuche verwendet wurden, die möglicherweise kurz vorher das verschiedenartigste Futter bekommen hatten.

Ich habe auch bei Kaninchen nach 6tägigem Fasten nicht so kleine Ziffern für das Leberglycogen gefunden wie Dock. Dock fand in einem Versuche 0·056, in zwei anderen keine Spur, und in einem unwägbare Spuren. Ich fand in zwei Versuchen 0·097 und 0·113.

Hierauf wurden die Hühner gewogen und das erhaltene Gewicht unter der Rubrik der Tabelle „Gewicht am Anfang des Versuches" registrirt.

Jetzt erst bekamen die Thiere das ihnen zugewiesene Futter, das in Columne I der Tabelle näher bezeichnet ist.

Es sei mir nun gestattet auseinanderzusetzen: 1. Warum ich dreimal mit dem Futter wechselte, und 2. wie das Futter jedesmal verabreicht wurde.

Ich wollte ursprünglich die Versuchsthiere fasten lassen, um die Leber um so sicherer glycogenfrei zu bekommen. Nach 5tägigem Fasten waren aber die Hühner so geschwächt, dass mehrere kurze Zeit nach Beginn der Glycerinfütterung zu Grunde gingen, und nur ein einziges die Glycerinfütterung überstand. (Versuch 1.)

Um daher nicht ganz vom Zufalle abzuhängen, musste ich es mit einer anderen Methode versuchen. Am zweckmässigsten schien es mir, die Thiere mit frisch geschlagenem und gut ausgewaschenem Fibrin, dem Kochsalz zugesetzt wurde, zu stopfen. Aber bei dem einzigen in dieser Art angestellten Versuche (Nr. 2) bemerkte ich am fünften Tage der Fütterung, dass die Thiere an

einer ziemlich profusen Diarrhoe litten, und da dieser abnorme Zustand zur Erhebung von Einwänden hätte Anlass geben können, wollte ich auch keine weiteren derartigen Versuche machen.

Nach den gewonnenen Erfahrungen musste ich jetzt auf eine Methode bedacht sein, durch welche es einerseits möglich werden sollte, die Thiere gut zu ernähren, andererseits aber zu verhüten, dass sie bei dieser Fütterung viel Glycogen ansetzen.

Als eine Methode, von der am ehesten zu erwarten war, dass sie den gestellten Bedingungen entsprechen würde, empfahl sich mir eine 10tägige Fütterung der Hühner mit frischem Rindfleisch und nach dieser Fütterung durch weitere 5 Tage die Verabreichung von getrocknetem Fibrin.

Diese Methode bewährte sich denn auch aufs Beste.

Ich komme nun darauf zu sprechen, wie die Thiere gefüttert wurden. Bei Versuch Nr. 1 bin ich jeder weiteren Auseinandersetzung überhoben, da es genügt, hier nochmals zu wiederholen, dass die Thiere fasteten.

Die Hühner, die zum zweiten Versuche dienten, wurden mit frischem Fibrin, dem etwas Kochsalz zugesetzt war, einmal täglich (gewöhnlich um 9 Uhr Morgens) gestopft.

Die Thiere des dritten, vierten und fünften Versuches wurden anfangs mit Fleisch gestopft, an das sich aber die meisten bald so sehr gewöhnten, dass sie es mit Gier selbst frassen.

Hatten die betreffenden Thiere durch 10 Tage ihre reichliche Fleischnahrung genommen (jedes Huhn bekam täglich $^1/_2$—$^2/_3$ Pfund), dann wurden sie gewogen (24 Stunden nach der letzten Nahrungsverabreichung) und das erhaltene Gewicht in der Rubrik „Gewicht am Ende der Fleischfütterung“ eingetragen.

Nun bekamen diese Thiere getrocknetes Fibrin. Von 15 frisch getödteten Ochsen wurde im Schlachthause zu St. Marx das Blut gesammelt und durch Schlagen desselben daraus das Fibrin gewonnen. Dieses wurde gut ausgewaschen, ausgepresst und dann in unbedeckten Porzellanschalen auf einen gewöhnlichen Zimmerofen zum Trocknen gestellt. Bevor die Hühner dieses Fibrin bekamen, liess ich es in einer verdünnten Kochsalzlösung ein wenig anquellen. Die meisten Thiere pickten das so zubereitete Fibrin willig auf. Thaten sie es aber nicht, dann wurden sie gestopft.

Am Tage der Glycerinfütterung wurden alle Hühner, ohne Ausnahme, wieder gewogen, und das erhaltene Gewicht lieferte die Zahlen für die Rubrik „Gewicht am Ende des Versuches".

Mehr der Vollständigkeit wegen, als aus irgend einem anderen Grunde, erwähne ich hier noch Folgendes, in Bezug auf das Regime: Die Thiere standen in meinem Arbeitszimmer; dasselbe wurde von mir immer zugeschlossen, wenn ich das Laboratorium verliess. Jedes Thier war in einem besonderen Käfig, der täglich, in meiner Gegenwart gereinigt wurde. Es darf nicht überflüssig scheinen, wenn ich hier noch beifüge, dass bei den Hühnern, die mit Fleisch gefüttert wurden, diese Reinigung der Käfige mit besonderer Sorgfalt an dem Tage vorgenommen wurde, an welchem mit der Fleischfütterung aufgehört und mit der Fibrinverabreichung begonnen wurde.

Täglich bekamen die Thiere auch frisches Wasser.

War das Regime in der beschriebenen Weise zu Ende geführt, dann wurde zur Glycerinfütterung geschritten. Ein in eine lange Röhre ausgezogener Trichter wurde den Thieren vorsichtig in den Schlund gebracht, und denselben hierauf gemessene Volumina des reinen käuflichen Glycerins aus der Fabrik von Sarg vom spec. Gewichte: 1·215 eingegossen. Sie bekamen so 3mal im Verlaufe von 9—25½ Stunden 15—19 CC. Glycerin.

Ich brauche nicht ausdrücklich zu erwähnen, dass unser Glycerin jedesmal auf Zucker untersucht wurde und sich als zuckerfrei erwies.

Nach Beendigung der Glycerinfütterung wurde das Huhn durch einen Halsschnitt getödtet. Während das Blut aus den durchschnittenen Gefässen abfloss, wurde das Huhn gerupft. Hierauf wurde der Brustkorb geöffnet, die Leber herauspräparirt, und nach Entfernung der Gallenblase in ein bereitstehendes Gefäss mit siedendem Wasser (dem mehr oder weniger Kalilauge beigemengt war) gebracht.

Das Glycogen der Leber bestimmte ich nun nach der Methode, die Prof. Brücke angegeben. („Über eine neue Methode, Dextrin und Glycogen aus thierischen Flüssigkeiten und Geweben abzuscheiden, und über einige damit erlangte Resultate." Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. Bd. 63. Abth. II, p. 1—9.)

Wenn man die Leber so, wie ich es bei meinen Versuchen gethan habe, in Kali zerkocht, bekommt man das Glycogen nicht aschenfrei. Es war deshalb nöthig, nach dem Wägen einzuäschern und die Asche vom gefundenen Gewichte abzuziehen.

Ich fasse nun die Resultate meiner Versuche in den Zahlen der beifolgenden Tabelle zusammen.

Nr.	Regime		Gewicht: Am Anfange des Versuches	Gewicht: Am Ende der Fleischfütterung	Gewicht: Am Ende des Versuches	Glycerinmenge in CC., die das Huhn im Ganzen bekommen	Leberglycogen	Zeit der Tödtung
1	Ohne jegliche Nahrung durch 5 Tage	*P.*[1]	1451	—	1208	—	0·133	Beide zu gleicher Zeit
		V.	1308	—	1127	44	1·105	Der Versuch hat 25½ Stunden gedauert
2	Frisches Fibrin und Kochsalz d. 5 Tage	*P.*	1754	—	1623	—	0·28	9 Uhr Früh
		V.	970	—	887	45	1·209	6¼ Uhr Abends
3	10 Tage mit Fleisch, hierauf durch 5 Tage mit getrockn. Fibrin und Kochsalz	*P.*	1017	1220	1189	—	0·301	7¾ Uhr Morgens
		V.	1055	1009	922	46	1·157	7¼ Uhr Abends
4	Ebenso[2]	*P.*	988	1216	1110	—	0·06	8½ Uhr Früh
		V.	878	1025	918	57½	1·812	9 Uhr Abends
5	Ebenso	*P.*	988	1216	1110	—	0·06	8½ Uhr Früh
		V.	995	1003	915	44	0·527	6¾ Uhr Abends

[1] *P.* = Parallelversuch und *V.* = Versuch. — [2] Zu Versuch 4 und 5 diente ein und derselbe Parallelversuch.

Man ersieht aus den Zahlen der obigen Tabelle, dass die Thiere, die mit Glycerin gefüttert wurden, ausnahmslos einen grösseren Gehalt an Leberglycogen aufweisen, als die betreffenden Parallelversuche. Die Glycogenmenge ist im schlechtesten Falle (Vers. 3) noch über $3^1/_2$mal so gross, wie im zugehörigen Parallelversuch; dagegen ist sie in den anderen Versuchen über 4- (Versuch 2) und über 8mal so gross (Versuch 1 u. 5), ja, in einem Falle übertrifft die Glycogenmenge die des Parallelversuches 30mal.

Dieses Resultat bleibt selbst dann unverändert, wenn man die Leberglycogenmenge der Versuchsthiere mit dem Maximum der Parallelversuche: 0·301 (Versuch 3) vergleicht. Im ungünstigsten Falle (Versuch 5) ist dann die Glycogenmenge noch 1·75mal grösser, obgleich dieser Versuch als ein theilweise missglückter zu betrachten ist, weil das Thier nach der zweiten Glycerinverabreichung Symptome gehemmter Respiration zu erkennen gab und auch von Zeit zu Zeit in Paroxysmen verfiel. Es bog in diesen Paroxysmen den Kopf nach rückwärts und schlug mit den Flügeln, während es in der Zwischenzeit wie betäubt dalag.

Die andern Versuche ergeben bei diesem Vergleiche $3^1/_2$ (Versuch 1 und 3), 4- (Versuch 2) und 6mal (Vers. 4) so grosse Glycogenmengen.

Die Quantität von 0·301 Gr. Leberglycogen entspricht dem Maximum von zehn Parallelversuchen. Bevor ich nämlich die mit Fleisch und getrocknetem Fibrin gefütterten Thiere zu Versuchen verwendete, wollte ich sehen, welche Mengen von Leberglycogen die so genährten Thiere noch aufweisen.

In sechs Fällen erhielt ich folgende Zahlen:

1. Deutliche Spuren (nicht quantitativ untersucht).
2. 0·214.
3. 0·13.
4. 0·069.
5. Keine Spur.
6. 0·018.

Diese Versuche gewinnen an Bedeutung, wenn man die Zeit der Tödtung berücksichtigt, denn nur im ersten Versuche wurde das Versuchsthier und das zum Parallelversuch verwendete zu gleicher Zeit getödtet. Da man aber in diesem Falle den Einwand hätte erheben können: das in der Leber des mit Glycerin gefütterten Thieres gefundene Glycogen sei noch unverbrauchtes, vorräthiges Glycogen, wurde in allen anderen Versuchen das zum Parallelversuche dienende Thier dann getödtet, wenn beim anderen mit der Glycerinfütterung begonnen wurde, also $9^1/_4$—$12^1/_2$ Stunden früher.

Dass unser Resultat ein noch günstigeres ist, als die obige Tabelle anzeigt, ergibt sich bei Betrachtung der Rubrik „Gewicht am Ende des Versuches", aus welcher man ersieht, dass immer die schwächeren Thiere zum Versuche benützt wurden. Um zu zeigen, wie sich die Versuche gestalten, wenn man die gefundenen Glycogenmengen auf das gleiche Körpergewicht bezieht, lasse ich eine zweite Tabelle folgen, in welcher Columne I: die Menge des Leberglycogens des Versuchsthieres bezogen auf 1 Kilogr. Körpergewicht zu Ende des Versuches; Columne II: die Menge des Leberglycogens des Parallelversuches bezogen auf 1 Kilogr. Körpergewicht zu Ende des Versuches; Columne III: die Differenz von II und I; und Columne IV: den Quotienten von II und I angibt.

	I	II	III	IV
1.	0·9804	0·11	0·8704	8·912
2.	1·363	0·1725	1·1905	7·901
3.	1·254	0·253	1·201	4·956
4.	1·973	0·054	1·919	36·537
5.	0·575	0·054	0·521	10·648

Man sieht sich durch diese Versuche genöthigt anzuerkennen, dass sich in der Leber fortwährend Glycogen, das nicht aus den Kohlehydraten der Nahrung stammt, bildet, oder dass solches fortwährend aus anderen Körpertheilen der Leber zugeführt

wird. Will man dies nicht zugeben, so muss man annehmen, dass Glycerin sich im Körper in Glycogen umgewandelt habe, was erstens schon wegen der chemischen Natur beider Körper an und für sich sehr unwahrscheinlich ist und zweitens noch unwahrscheinlicher dadurch wird, dass das Glycerin nach Scheremetjewski's Versuchen direct ins Blut injicirt, sehr schnell zerfällt und der Kohlenstoff desselben in Gestalt von Kohlensäure ausgeschieden wird.

II. SITZUNG VOM 9. JÄNNER 1873.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Hofrath Freih. v. Burg den Vorsitz.

Die Lese- und Redehalle der deutschen Studenten zu Prag dankt, mit Schreiben vom 30. December 1872, für die ihr im abgelaufenen Jahre gespendeten akademischen Druckschriften.

Die *Société d'Histoire Naturelle de Colmar* dankt, mit Schreiben vom 4. Jänner l. J., für den mit ihr eingegangenen Schriftentausch.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die Haut einiger Sternwürmer *(Gephyrei)*“, vom Herrn Dr. Vitus Graber in Graz, eingesendet durch Herrn Prof. Dr. K. Peters.

„Über den Zusammenhang zwischen Absorption und Brechung des Lichtes“, vom Herrn Karl Puschl, Capitular des Benedictinerstiftes Seitenstetten.

„Zweiter Beitrag zur Kenntniss der Perforationen an Pflanzengefässen“, vom Herrn Dr. Eduard Tangl, Privatdocenten an der Universität in Lemberg.

Herr Heinrich Rokotnitz, stud. jur., hinterlegt ein versiegeltes Schreiben zur Wahrung der Priorität.

Herr Director Dr. J. Stefan überreicht eine Abhandlung: „Experimentelle Bestimmung der Dielektricitätsconstante von Isolatoren“, vom Herrn Prof. Dr. Ludwig Boltzmann in Graz.

Herr Hofrath Dr. E. Ritt. v. Brücke übergibt eine Abhandlung des Herrn Dr. Victor Urbantschitsch, betitelt: „Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Paukenhöhle.“

Herr Prof. Dr. L. Ditscheiner überreicht eine Abhandlung: „Über das Intensitätsverhältniss und den Gangunterschied der bei der Beugung auftretenden senkrecht und parallel zur Einfallsebene polarisirten Strahlen“.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Königl., zu Berlin: Abhandlungen aus dem Jahre 1871. Berlin, 1872; 4°.

— — Königl. Bayer., zu München: Abhandlungen der philos.-philolog. Classe. XII. Bandes 3. Abthlg. München, 1871; 4°; Abhandlungen der mathem.-physik. Classe. XI. Bandes 1. Abthlg. München, 1871; 4°. (Nebst den betreffenden Separatabdrücken.) — Erlenmeyer, Emil, Die Aufgabe des chemischen Unterrichtes gegenüber den Anforderungen der Wissenschaft und Technik. München 1871; 4°. — Friedrich, Johann, Über die Geschichtsforschung unter dem Kurfürsten Maximilian I. München, 1872; 4°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1916. (Bd. 80. 20.) Altona, 1872; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 25. Paris, 1872; 4°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XV (neuer Folge V), Nr. 12. Wien, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 1. Wien, 1873; 4°.

Lund, Universität: Acta. Philosophi, språkvetenskap och historia. 1869; Theologi. 1870; Mathematik och Naturvetenskap. 1869 & 1870. Lund, 1869—1871; 4°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band 1872, Heft XII. Gotha; 4°.

Moniteur scientifique du Dr. Quesneville. 3ᵉ Série. Tome III. 373ᵉ Livraison. Paris, 1873; 4°.

Muséum d'histoire naturelle de Paris: Nouvelles Archives. Tome IVᵉ, 3ᵉ—4ᵉ fascicules. (1868); Tome Vᵉ, 1ᵉʳ—4ᵉ fasc. (1869); Tome VIᵉ, 1ᵉʳ—4ᵉ fasc. (1870); Tome VIIᵉ, 1ᵉʳ—4ᵉ fasc. (1871). Paris; 4°.

Nature. Nr. 166, Vol. VII. London. 1873; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI. Nr. 11. Torino, 1872; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIᵉ Année, 2ᵉ Série, Nr. 27. Paris, 1873; 4°.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou: Bulletin. Année 1873, Nr. 3. Moscou; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 1. Wien, 1872; 4°.

Zürich, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften von Ostern 1871 bis Michaelis 1872. 4° & 8°.

Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Paukenhöhle.

Von Dr. **Victor Urbantschitsch.**

(Mit 1 Tafel.)

Bei sorgfältiger Präparation der Paukenhöhle von Neugebornen fand ich in der Mehrzahl der Fälle fadenförmige Verbindungen im *Cavum tympani,* an welchen sich theils der Ambos und der Steigbügel, theils die Wandungen der Paukenhöhle betheiligten. Das häufige Vorkommen dieser Fäden, sowie ihr Auftreten an beinahe constanten Stellen, schienen mir gegen die Vermuthung zu sprechen, dass sie etwa als ein pathologisches Product zu betrachten wären. Um daher diesen Gegenstand eingehender zu prüfen, präparirte ich, mit besonderer Berücksichtigung dieser erwähnten Verbindungen, 50 Paukenhöhlen von Neugeborenen und Säuglingen der ersten Lebensmonate. Bei diesen Untersuchungen fand ich, in Übereinstimmung mit den Angaben von Tröltsch[1] u. A., das *Cavum tympani* der Neugeborenen gewöhnlich von einer gelben käsigen Masse erfüllt. Dieselbe liess sich meistens durch den Wasserstrahl leicht wegspülen.

Nur in neun Fällen haftete sie den Gehörknöchelchen und Wandungen des *Cavum tympani* so innig an, dass jeder Versuch der Entfernung des Inhaltes selbst mittelst der Pincette nur stellenweise gelang, wobei besonders die Gehörknöchelchen einen bedeutenden mechanischen Insult erlitten. Aus dem Grunde waren diese neun Paukenhöhlen für den Zweck meiner Untersuchungen nicht zu verwerthen und sind daher von den erwähnten fünfzig Präparaten in Abrechnung zu bringen. Unter den übrigen einund-

[1] Lehrbuch der Ohrenheilkunde. Würzburg 1862. S. 175 u. folg.

vierzig liessen sich fadenförmige Verbindungen in fünfunddreissig Fällen nachweisen und wurden nur sechsmal nicht angetroffen.

Von den erwähnten fünfunddreissig Präparaten war an jedem einzelnen Folgendes zu sehen:

1/*a)* Vom Amboskörper, nahe dem Hammer-Ambosgelenke ziehen zwei Fäden divergirend nach rückwärts, um sich an der inneren Wand der Paukenhöhle zu inseriren.

b) Von dem hinteren Rande des runden Fensters begibt sich ein Faden nach innen und oben zur Wand der Paukenhöhle.

c) Die *Eminentia pyramidalis* steht mit dem hinteren Schenkel des Stapes nahe seiner Platte in Verbindung.

2/*a)* Von der Mitte der medialen Seite des abwärtssteigenden Ambosschenkels zieht ein Faden zu der inneren Wand der Paukenhöhle.

b) Vom hinteren Rande des runden Fensters begibt sich ein Stamm nach hinten und aufwärts, um sich, in zwei Äste gespalten, an der inneren Wand zu inseriren.

c) Ein Faden verbindet den hinteren Stapesschenkel mit der Basis der *Eminentia pyramidalis.*

3. Von der inneren Wand der Paukenhöhle, nahe dem oberen Rande des *Foramen ovale,* zieht ein Stamm zur unteren Hälfte des abwärtssteigenden Ambosschenkels und spaltet sich, ehe er noch denselben erreicht hat, in zwei Äste, von denen der eine nach aufwärts, der andere nach abwärts gehend die innere Fläche des Schenkels treffen. Der nach abwärts laufende Ast begibt sich längs des Ambosschenkels zum Köpfchen des Steigbügels, an welchem er sich inserirt.

4. Von der medialen Seite des Amboskörpers und des abwärtssteigenden Schenkels, zieht eine Membran zur inneren Paukenwand und hüllt gleichzeitig den Steigbügel ein. Der obere Theil der Paukenhöhle zerfällt durch diese Scheidewand in zwei Abschnitte, von denen der Grössere nach vorne, der Kleinere nach rückwärts zu liegen kommen.

5/*a)* Vom oberen Rande des *Foramen ovale* zieht ein Stamm gegen den abwärtssteigenden Ambosschenkel. Nahe dem

Ursprunge läuft ein feiner Ast zum Köpfchen des Steigbügels. Während des weiteren Verlaufes gegen den Ambosschenkel theilt sich der Stamm in zwei Endäste. Von diesen erreicht der Eine nach aufwärts laufend den Ambosschenkel, der Zweite dagegen zieht nach abwärts zum Gelenksköpfchen des Ambosschenkels und spaltet sich noch vor demselben in mehrere Zweige, welche das Ambos-Stapesgelenk umfassen.

b) Von der medialen Seite des Stapesköpfchens und dem inneren Rande des hinteren Stapesschenkels laufen zwei kleine Äste nach rückwärts und vereinigen sich zu einem Stamme, der sich kurz vor der Insertion am oberen Rande des *Foramen ovale* wieder in zwei Schenkel theilt.

6/*a)* Etwas über dem oberen Rande des *Foramen ovale* entspringt ein Stamm, der sich in zwei Äste spaltet. Von diesen zieht der Eine nach vorne zum Ambosschenkel, der Andere nach abwärts gegen das Stapesköpfchen und tritt daselbst mit zwei anderen Ästen in Verbindung, welche vom oberen Rande des *Foramen ovale* zum Köpfchen des Stapes gelangen. Zu dieser Anastomose zieht endlich noch vom unteren Theile des Ambosschenkels ein feiner Zweig.

b) Von der Basis der *Eminentia pyramidalis* begibt sich ein Strang zum hinteren Stapesschenkel und inserirt sich an demselben nahe der Stapesplatte. Vor seiner Insertion gibt er noch einen kleinen Zweig nach aufwärts zur oberen Umrandung des *Foramen ovale*.

c) Der vordere Stapesschenkel ist durch einen Faden mit dem Promontorium verbunden.

7. Über dem oberen Rande des *Foramen ovale* entspringen zwei Äste, die sich zu einem gemeinsamen Stamme verbinden. Dieser theilt sich wieder in zwei Zweige, von denen der Stärkere direct nach auswärts gegen den Ambosschenkel zieht, indess der feinere Ast nahe dem Ambos-Stapesgelenk an den Ambosschenkel tritt.

8/*a)* Vom oberen Rande des *Foramen ovale* entspringen zwei Äste übereinander. Der Obere zieht zum abwärtsstei-

genden Ambosschenkel und inserirt sich daselbst mit zwei feinen Fäden. Der untere Ast zerfällt ebenfalls in zwei Zweige, von denen einer parallel mit dem oberen Aste zum Ambosschenkel zieht. Der Andere dagegen läuft nach abwärts und geht nahe dem Köpfchen des Ambosschenkels in eine feine Membran über, welche zwischen dem rechtwinkelig gestellten Ambos-Stapesgelenke ausgespannt ist.

b) Von der *Eminentia pyramidalis* zieht ein Strang zur Basis des hinteren Stapesschenkels.

9. Ein Faden verbindet das Köpfchen des Steigbügels mit dem oberen Rande des *Foramen ovale*.

10/*a)* Von der inneren Wand der Paukenhöhle zieht ein Stamm zum Hammer-Ambosgelenke und inserirt sich in zwei Äste gespalten am Amboskörper.

b) Vom oberen Rande des *Foramen ovale* zieht ein feiner Ast zum Ambosschenkel.

c) Der hintere Schenkel des Stapes ist nahe der Steigbügelplatte durch einen Faden mit dem Rande des *Foramen ovale* verbunden.

11/*a)* Der abwärtssteigende Ambosschenkel ist durch zwei Stämme mit der inneren Paukenwand verbunden.

b) Vom oberen Rande des *Foramen ovale* zieht ein Faden zum medialen Vereinigungsbogen der beiden Stapesschenkel.

12/*a)* Von der *Eminentia pyramidalis* begibt sich ein Ast zum unteren Rande des *Foramen ovale*.

b) Vom oberen Rande des *Foramen ovale* zieht ein Faden zur medialen Seite des Stapesköpfchens.

13/*a)* Der Amboskörper ist durch einen Faden mit der Wand der Paukenhöhle verbunden.

b) Eine zweite fadenförmige Verbindung findet zwischen dem oberen Theile des abwärtssteigenden Ambosschenkels und der inneren Paukenhöhlenwand statt.

c) Vom oberen Rande des *Foramen ovale* ziehen zum unteren Drittel des Ambosschenkels zwei feine Äste, welche in eine Membran übergehen, die den Winkel zwischen dem Ambos-Stapesgelenke ausfüllt.

d) Von der *Membrana rotunda* und vom oberen Rande des *Foramen rotundum* entspringen zwei Äste, welche über dem *Foramen rotundum* in Anastomose treten und hierauf in drei feine Äste gespalten zur inneren Paukenhöhlenwand laufen.

14/*a)* Der abwärtssteigende Ambosschenkel wird durch drei Stämme mit der inneren Paukenwand verbunden. Der Unterste theilt sich in zwei Äste, von denen der tiefer gelegene zum oberen Rande des *Foramen ovale* tritt. Vor seiner Insertion verbindet er sich noch mit einem anderen Zweige, welcher von der Vereinigung beider Stapesschenkel aus nach aufwärts läuft *(b)*.

15/*a)* Der abwärtssteigende Ambosschenkel ist durch drei Äste mit der inneren Paukenwand verbunden.

b) Von der *Eminentia pyramidalis* zieht ein Strang zum hinteren Schenkel des Steigbügels.

c) Ein Stamm entspringt vom hinteren Stapesschenkel nahe der Steigbügelplatte und läuft zum oberen Rande des *Foramen ovale*, vor welchem er sich in mehrere Äste theilt.

d) Von der Mitte der *Membrana rotunda* begibt sich ein Strang zum unteren Rande des *Foramen ovale*.

16. Die innere Wand der Paukenhöhle ist durch drei Äste mit dem abwärtsteigenden Ambosschenkel verbunden.

17. Ein feiner Ast zieht vom untersten Theile des Ambosschenkels zum Kopfe des Stapes, als Diagonale des vom Ambos-Steigbügelgelenke gebildeten Winkels.

18. Derselbe Befund wie 17.

19. Von der medialen Seite des Stapesköpfchens läuft ein feiner Ast nach abwärts und inserirt sich in zwei Zweige gespalten am unteren Rande des *Foramen ovale*.

20. Ein Faden verbindet den untersten Theil des Ambosschenkels mit dem Kopfe des Stapes.

21. Der Winkel des Ambos-Steigbügelgelenkes ist durch eine Membran geschlossen.

22. Die Platte des Steigbügels steht einerseits mit der medialen Seite des Stapesköpfchens in Verbindung, andererseits mit dem vorderen Stapesschenkel.

23. Die innere Wand der Paukenhöhle ist durch eine Membran mit dem Körper und dem abwärtssteigenden Ambosschenkel verbunden.
24. Von dem Köpfchen des Stapes zieht eine feine dreiseitige Membran nach abwärts zur inneren Paukenwand. Eine zweite ähnliche Membran begibt sich nach rückwärts, um den hinteren Steigbügelschenkel und das unterste Drittel des Ambosschenkels mit der *Eminentia pyramidalis* zu verbinden.
25. Zwischen der *Eminentia pyramidalis* und dem hinteren Steigbügelschenkel ist eine Membran ausgespannt. Anschliessend an diese zieht ein Faden vom unteren Rande des *Foramen ovale* nach rückwärts zur Basis der *Eminentia pyramidalis*.

26/*a*) Zwischen dem Ambosschenkel und der Paukenwand sind zwei breite Stränge ausgespannt, indess zwei feine Fäden vom Kopfe des Ambos nach rückwärts zur inneren Wand ziehen.

b) Vom hinteren Schenkel des Steigbügels zieht zur *Eminentia pyramidalis* fächerförmig eine Membran.

c) Die Nische des runden Fensters ist durch eine auf der *Membrana rotunda* senkrecht stehende Scheidewand in zwei Fächer getheilt, welche übereinander liegen.

27. Die Platte des Steigbügels ist durch zwei Äste mit beiden Stapesschenkeln verbunden.
28. Der Amboskörper und der abwärtsteigende Schenkel ist mit der Paukenwand durch eine Membran verbunden.

29/*a*) Der Raum zwischen dem Ambos-Steigbügelgelenke und der inneren Paukenwand ist durch eine Membran ausgefüllt.

b) Vom *Musculus stapedius* zieht ein Strang zum runden Fenster. Von diesem letzteren begibt sich ein Seitenast zum ovalen Fenster und sendet während seines Verlaufes einen Zweig zur Basis der *Eminentia pyramidalis*.

c) Zwischen dem Kopfe des Ambosses und der äusseren Wand der Paukenhöhle ist eine Membran ausgespannt, welche längs der oberen zwei Drittel des verticalen Ambosschenkels nach abwärts zieht.

30. Zwischen dem Ambosschenkel und der inneren Paukenwand ist eine Membran ausgespannt.
31. Von der *Eminentia pyramidalis* zieht ein Faden nach vorne zum ovalen Fenster.
32. Der unterste Theil des abwärtssteigenden Ambosschenkels ist durch eine Membran mit dem Köpfchen des Steigbügels verbunden.
33. Von der Mitte des abwärtsteigenden Ambosschenkels zieht ein Faden zur inneren Paukenhöhlenwand.
34. Der Ambosschenkel steht durch eine schmale Membran mit der inneren Paukenwand in Verbindung.
35. Vom abwärtssteigenden Ambosschenkel zieht ein Faden zur inneren Paukenwand.

Eine Zusammenstellung der gleichartigen Befunde ergibt Nachfolgendes:

I. Ambos.

a) Der Körper zeigte sich in vier Fällen mit der inneren Paukenwand verbunden: Nr. 1*a)*, 10*a)*, 13*a)*, 26*a)*.

b) Der abwärtssteigende Schenkel ging in siebzehn Fällen fadenförmige Verbindungen ein und zwar:

α) 15mal mit der inneren Paukenwand: Nr. 2*a)*, 3, 5*a)*, 6*a)*, 7, 8, 10*b)*, 11*a)*, 13*b)*, 13*c)*, 14*a)*, 15*a)*, 16, 33, 35.

β) 3mal mit dem Kopfe des Steigbügels Nr. 17, 18, 20.

c) Der durch das Ambos-Steigbügelgelenk gebildete rechte Winkel war in fünf Fällen durch eine Membran geschlossen: Nr. 8, 13, 21, 29*a)*, 32.

d) Zwischen dem Ambos und der inneren Paukenwand fand sich in sechs Fällen an Stelle der Fäden eine Membran ausgespannt. Dieselbe war in einem Falle in der Mitte durchbrochen, wodurch zwei schmale brückenartige Verbindungen mit der inneren Paukenwand hergestellt wurden. Nr. 26*a)*.

In einem anderen Präparate fand sie sich nur in dem unteren Drittel des Ambosschenkels erhalten: Nr. 34.

In vier Fällen dagegen verband sie ohne Unterbrechung den Körper und Ambosschenkel mit der inneren Paukenwand: Nr 4, 23, 28, 30.

II. Der Steigbügel.

A/a) Von dem Kopfe und dem concaven Vereinigungsbogen beider Schenkel gingen bei dreizehn Präparaten-Fäden theils zu dem Ambosschenkel, theils zu den Wandungen der Paukenhöhle, theils zur Platte des Stapes: Nr. 3, 5*a)*, 5*b)*, 6*a)*, 9, 11*b)*, 12*b)*, 14*a)*, 17, 18, 19, 20*a)*, 22, 24.

b) In fünf Fällen zeigte sich eine membranöse Verbindung mit dem untersten Drittel des Ambosschenkels: Nr. 8, 13, 21, 29*a)*, 32.

B/a) Der hintere Schenkel gab 8mal feine Äste theils zur *Eminentia pyramidalis*, theils zur Wand der Paukenhöhle, theils zur Platte des Steigbügels: Nr. 1*c)*, 2*c)*, 6*b)*, 8*b)*, 10*c)*, 15*b)*, 15*c)*, 27.

b) Eine Membran fand sich in drei Fällen zwischen dem hinteren Schenkel und der *Eminentia pyramidalis* ausgespannt: Nr. 24, 25, 26*b)*.

c) Der vordere Schenkel verband sich mit dem Kopfe und der Platte des Stapes sowie mit der Paukenwand 3mal: Nr. 6*c)*, 22*a)*, 27.

III. Von dem *Foramen ovale* konnten bei vierzehn Präparaten einundzwanzig fadenförmige Verbindungen nachgewiesen werden, welche theils zu dem Steigbügel und Ambosschenkel theils zu den Wänden der Paukenhöhle verliefen: Nr. 3, 5*a)*, 5*b)*, 6*a)*, 6*b)*, 7, 8*a)*, 9, 10*b)*, 10*c)*, 11*b)*, 12*a)*, 12*b)*, 13*c)*, 14*a)*, 14*b)*, 15*c)*, 15*d)*, 19, 29*b)*, 31.

IV. Die *Membrana rotunda* und die Nische des runden Fensters zeigten:

a) In fünf Fällen sowohl gegenseitige Verbindungen, als sie auch zu der Paukenwand und zur *Eminentia pyramidalis* feine Äste sandten: Nr. 1, 2*b)*, 13*d)*, 15*d)*, 29*b)*.

b) In einem Falle theilte eine auf der *Membrana rotunda* rechtwinkelig gestellte Membran die Nische des run-

den Fensters in ein oberes und in ein unteres Fach: Nr. 26c).

Wie aus dem Mitgetheilten hervorgeht, trifft man in einigen Fällen die fadenförmigen Verbindungen durch brückenartige Adhäsionen ersetzt, an deren Stelle sich wieder andererseits vollständig erhaltene Membranen vorfinden. Auf Grundlage dieser Beobachtungen ist daher mit ziemlicher Sicherheit der Schluss erlaubt, dass die besprochenen fadenförmigen Verbindungen nur als Residuen jener Membranen zu betrachten sind.

Dieser Befund veranlasste mich, den fötalen Zustand dieser Falten an Embryonen vom vierten bis neunten Monate eingehend zu erforschen. Entsprechend den Angaben von Tröltsch[1] und Kölliker[2] finde auch ich die Paukenhöhle im Embryo von einer gallertartigen Masse erfüllt, welche sich bei der mikroskopischen Untersuchung als embryonales Bindgewebe zu erkennen gibt.

Nach Entfernung der *Membrana tympani* zeigt sich dieses Gewebe von einem zarten Häutchen bedeckt, welches, wie schon Tröltsch[3] erwähnt, aus Pflasterepithel besteht. Die gallertartige Masse erhält, wie ich wiederholt beobachtete, von dem Hammergriffe stets einen deutlichen Eindruck, welcher besonders bei jenen Präparaten erkennbar ist, welche längere Zeit in chromsauerem Kali gelegen waren. Man findet an diesen statt der im frischen Zustande durchscheinenden Masse ein weissliches Bindegewebe, welches entsprechend dem Hammergriffe gefurcht erscheint. Bei den von mir untersuchten Embryonen der letzten drei bis vier Monate ist die Paukenhöhle nicht mehr vollständig von der gallertartigen Masse erfüllt[4] und es tritt nun deutlich

---

[1] Anatomie des Ohres, Würzburg. 1860. S. 66. — Ohrenheilkunde. 1867. S. 139.

[2] Entwicklungsgeschichte. Leipzig. 1861. S. 322.

[3] Ohrenheilkunde. Würzburg. 1867. S. 140.

[4] Auch Kessel fand entgegen den bisherigen Angaben die Paukenhöhle älterer Embryonen und Neugeborener nicht immer vollständig mit jungem Bindegewebe ausgefüllt. S. Stricker's Handbuch der Lehre v. d. Geweben. Leipzig. 1872. II. B. S., 847. Einen flüssigen Inhalt in der Paukenhöhle, den Kessel erwähnt, bemerkte ich jedoch in keinem der von mir angeführten Fälle.

eine Falte hervor, welche vom Körper und von dem abwärtssteigenden Schenkel des Ambosses zur inneren Wand der Paukenhöhle zieht und dabei auch den Steigbügel vollständig einschliesst. Bei einer sechsmonatlichen Frühgeburt, welche post partum noch einundzwanzig Stunden lebte, zeigte sich diese Falte auf der einen Seite noch undurchbrochen, indess auf der anderen Seite die beiden Schenkel des Steigbügels bereits von der Membran befreit erschienen. Desgleichen fand ich bei einem achtmonatlichen Fötus die den Stapes einhüllende Falte an mehreren Stellen perforirt.

Eine Zusammenstellung sämmtlicher Befunde lässt demnach folgenden Schluss zu:

Im fötalen Zustande findet sich im *Cavum tympani* eine Falte vor, welche von dem Körper und dem abwärtssteigenden Schenkel des Ambosses zur inneren Paukenwand zieht und dabei den Steigbügel völlig einschliesst.

Diese Falte kann bereits im Fötus theilweise dehisciren, während sie andererseits zuweilen nach der Geburt noch undurchbrochen erscheint.

In den bisher beobachteten Fällen findet sich der Steigbügel manchmal theilweise oder gänzlich von dieser Membran befreit, indess der verticale Ambosschenkel mit der inneren Wand der Paukenhöhle noch durch eine vollständige Scheidewand verbunden ist.

Diese Scheidewand zerfällt durch weitere Lückenbildungen in brückenartige Verbindungen, welche sich allmälig auf zarte Fäden reduciren.

Dass diese fadenförmigen Gebilde jener erwähnten Falte, resp. den Brücken entstammen, lässt sich auf Grundlage der mitgetheilten Beobachtungen als zweifellos erkennen.

Diese Verbindungen können sich nach der Geburt noch durch längere Zeit erhalten und waren bei einem viermonatlichen Kinde noch deutlich sichtbar.

In manchen Fällen dagegen zeigt sich bereits bei Neugeborenen die Paukenhöhle frei von allen Verbindungen oder weist nur vereinzelte fadenförmige Adhäsionen auf.

In praktischer Hinsicht dürfte die Kenntniss dieser Verbindungen schon deshalb von Interesse sein, weil ihr Nachweis

nicht immer auf einen pathologischen Process schliessen lässt, sondern möglicherweise auf einen mangelhaften Rückbildungsprocess zurückgeführt werden kann[1]. Diese Annahme erscheint um so gerechtfertigter, als ich in der Paukenhöhle von Erwachsenen wiederholt derartige Verbindungen fand, ohne dass im *Cavum tympani* oder am Trommelfell irgend welche krankhafte Veränderung nachweisbar war. In einem Falle fand ich bei anscheinend ganz normaler Paukenhöhle eines Erwachsenen die besprochene Scheidewand zwischen dem abwärtssteigenden Ambosschenkel und der inneren Paukenwand vollständig erhalten.

Anmerkung. In der Arbeit Reichert's: „Über die Visceralbögen der Wirbelthiere" (Müller's Arch. 1837), finde ich keine Andeutung über Faltenbildungen im *Cavum tympani*. — Günther (Beobacht. über d. Entw. d. Gehörorg. Leipzig 1842. S. 50 u. 51), sowie Kölliker (Entw. 1861. S. 322) sprechen nur im Allgemeinen von Einstülpungen, welche die Schleimhaut der Paukenhöhle von Seite der Gehörknöchelchen erleidet.

---

[1] Tröltsch äussert sich in gleicher Weise über die Residuen der von ihm entdeckten Hammer-Ambosfalte. (Anatom. d. Ohres. 1860, S. 46.) Politzer erklärt ebenfalls in demselben Sinne jene bandartigen Verbindungen, welche nicht selten „vom Hammergriffe oder der Membran zur Innenwand der Trommelhöhle oder den Gehörknöchelchen hinziehen." (Politzer, Beleuchtungsbilder d. Trommelfells.) Wien 1865. S. 109.

Erklärung der Tafel.

Sämmtliche Figuren zeigen eine nahezu doppelte Vergrösserung.

Figur I. Paukenhöhle eines sechsmonatlichen Embryo's.

t Tegmen tympani,
fr Foramen rotundum,
pl verticaler Ambosschenkel,
s vorderer Schenkel des Steigbügels,
f die Falte, welche sich vom verticalen Schenkel des Ambosses zur inneren Wand der Paukenhöhle begibt und dabei den Steigbügel nebst dem *Musculus stapedius* vollständig einschliesst. Der vordere Schenkel des Steigbügels scheint bereits deutlich hindurch.

Figur II Paukenhöhle eines Neugeborenen.

mi Hammer-Ambosgelenk,
pl verticaler Ambosschenkel,
cs Köpfchen des Steigbügels,
at *Annulus tympanicus*,
mt Trommelfell,
f die Falte, welche den verticalen Ambosschenkel in seiner ganzen Ausdehnung mit der inneren Wand der Paukenhöhle verbindet. Der Steigbügel ist schon gänzlich von der Membran befreit.

Figur III Paukenhöhle eines Neugeborenen,

cm Kopf des Hammers,
mm Hammergrift,
pl verticaler Ambosschenkel,
s hinterer Schenkel des Steigbügels,
v Vorhof.

Der Körper des Ambosses erscheint in der Figur durch den Kopf des Hammers verdeckt. Von dem verticalen Ambosschenkel ziehen drei brückenartige Verbindungen zu der inneren Wand der Paukenhöhle. Die oberen zwei Brücken zeigen sich in der Mitte durchbrochen und bilden den Übergang zu der folgenden Figur 4. Die unterste Brücke enthält einen dunkler gezeichneten Faden, welcher einem kleinen Gefässzweige des Präparates entspricht.

Figur IV Paukenhöhle eines Neugeborenen,

mt Trommelfell,
cm Kopf des Hammers,
mm Hammergriff,
s hinterer Schenkel des Steigbügels,
f drei feine Fäden verbinden die innere Wand der Paukenhöhle mit dem verticalen Ambosschenkel, welcher bei dieser Darstellung des Präparates nicht sichtbar ist.

Fig. I

Fig. II

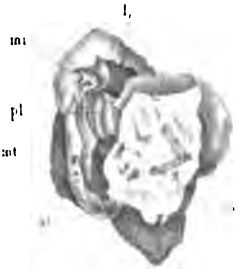


Fig. III.

Fig. IV.

III. SITZUNG VOM 16. JÄNNER 1873.

Herr Prof. Dr. E. Mach in Prag übersendet eine in Gemeinschaft mit Herrn Studios. A. Fischer ausgeführte Arbeit, betitelt: „Versuche über Reflexion und Brechung des Schalles."

Derselbe übersendet ferner eine Abhandlung des Herrn Assistenten V. Dvořák: „Zur Theorie der Talbot'schen Streifen."

Herr Dr. Jos. Kolbe, Prof. an der Wiener polytechn. Hochschule, übermittelt eine Abhandlung, betitelt: „Beweis eines Satzes über das Vorkommen complexer Wurzeln in einer algebraischen Gleichung."

Herr Prof. Dr. Th. Ritter v. Oppolzer bespricht die neueste, am 2. December v. J. in Madras gelungene Kometenentdeckung.

Herr Prof. Dr. V. v. Lang überreicht eine Abhandlung über einen von ihm construirten „Spiegelgalvanometer mit regulirbarer Dämpfung."

Herr Hofrath Dr. H. Hlasiwetz übergibt eine für den Anzeiger bestimmte vorläufige Mittheilung, betreffend eine in seinem Laboratorium vom Herrn Dr. H. Weidel in Angriff genommene Untersuchung über einige Alkaloide.

Herr Dr. J. Nowak legt eine Abhandlung: „Über die Harnstoffbestimmung mittelst titrirter salpetersaurer Quecksilberlösungen" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia Olimpica di Vicenza: Atti. 1° Semestre 1872. 8°.

Anales del Museo público de Buenos Aires. Entrega 8ª & 9ª. Buenos Aires, Paris & Halle, 1871; 4°.

Annalen der Münchener Sternwarte. XII. Supplementband. München, 1872; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 2. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1917 (Bd. 80. 21.) Altona, 1873; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 26—27. Paris. 1872; 4°.

Gesellschaft für Salzburger Landeskunde: Mittheilungen. XII. Vereinsjahr 1872. Salzburg; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 24. Wien, 1872; 4°.

— Senckenbergische naturforschende: Bericht 1871—1872. Frankfurt, 1872; 8°.

— Astronomische, in Leipzig: Vierteljahrsschrift. VII. Jahrgang, 4. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 2. Wien, 1873; 4°.

Haeckel, Ernst, Die Kalkschwämme. Eine Monographie in zwei Bänden Text und einem Bande Atlas mit 60 Tafeln Abbildungen. Berlin, 1872; kl. 4°.

Institute, The Anthropological, of Great Britain and Ireland: Journal. Vol. II, Nr. 2. London, 1872; 8°. — List of the Members. March 1872. 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 1. Graz, 1873; 4°.

Nature. Nr. 167, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Radcliffe Observatory, Oxford: Results of Astronomical and Meteorological Observations, made in the Year 1869. Oxford, 1872; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." 2ᵉ Année, IIᵉ Série, Nr. 28. Paris, 1873; 4°.

Société des Sciences naturelles de Neuchatel: Bulletin. Tome IX, 2ᵉ Cahier. Neuchatel, 1872; 8°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XIXᵉ, 1872. Revue bibliographique A—B. Paris; 8°.

Society, The Edinburgh Geological: Transactions. Vol. II, Part 1. Edinburgh, 1872; 8°.

— The Chemical, of London: Journal. Ser. 2, Vol. X. August to October 1872. London; 8°.

— The Royal Geographical, of London: Proceedings. Vol. XVI, Nrs. 3—4. London, 1872; 8°.

Society, The Linnean, of London: Transactions. Vol. XXVII, Part 4. (1871); Vol. XXVIII, Parts 1 & 2. (1871 & 1872); Vol. XXIX, Part 1. (1872.) London; 4°. — Journal. Botany: Vol. XIII, Nrs. 66—67 (1872); Zoology. Vol. XI, Nrs. 53—54. (1871). 8°. — Proceedings. Session 1871—72. 8°. — List. 1871. 8°.

Verein, naturwissenschaftl., zu Bremen: Abhandlungen: Beilage Nr. 2. Bremen, 1872; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 2. Wien, 1873; 4°.

IV. SITZUNG VOM 30. JÄNNER 1873.

Der Secretär legt eine, im Wege der k. k. Seebehörde in Triest eingelangte goldene Medaille (nebst dem zugehörigen Diplome) vor, welche aus Anlass der internationalen maritimen Ausstellung zu Neapel, im April 1871, der Adria-Commission der kais. Akademie für ausgestellte Instrumente und wissenschaftliche Arbeiten zuerkannt worden ist, sowie ein zweites Diplom der landwirthschaftlichen Industrie- und Kunstausstellung zu Triest, im November 1871, wodurch der Adria-Commission für dieselben Ausstellungs-Objecte gleichfalls eine goldene Medaille zuerkannt wurde.

Die Direction der k. k. Staats-Oberrealschule zu Graz dankt, mit Zuschrift vom 28. Jänner, für die Betheilung dieser Lehranstalt mit dem Anzeiger der Classe.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Die Periodicität des Wasserstandes der Salzach, Saale und Gasteiner Ache", von dem c. M. Herrn Vice-Director K. Fritsch in Salzburg.

„Ein allgemeines Gesetz für die Kreistransversale", vom Herrn Jos. Schram, Professor am Communal-, Real- und Obergymnasium in Mariahilf.

„Die Grundursache aller chemischen und physikalischen Vorgänge des Weltalls", vom Herrn J. Bregeard, Enregistrements-Einnehmer in Strassburg.

„Zur mechanischen Theorie der Elektrolyse", vom Herrn Karl Domalip, Assistenten für Physik am deutschen Polytechnikum zu Prag.

Herr Dr. A. Boué legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Bemerkungen über die von Dr. A. Wolfert erneuerte Theorie der Polarlichter durch Reflexion und Brechungs-Phänomene der Sonnenstrahlen".

Herr Prof. Dr. A. Winckler überreicht eine Abhandlung: „Integration der linearen Differentialgleichung zweiter Ordnung, deren Coëfficienten lineare Functionen der unabhängigen Veränderlichen sind.“

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften und Künste, Südslavische: Rad. Knjiga XXI. U Zagrebu, 1872; 8°. — Starine. Knjiga IV. U Zagrebu, 1872; 8°. — Stari pisci hrvatski. Knjiga IV. U Zagrebu, 1872; 8°.

— — Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. September & October 1872. Berlin; 8°.

— — Königl. Bayer., zu München: Sitzungsberichte der philos.-philolog. und histor. Classe. 1872. Heft 2—3. München; 8°.

— — Inhaltsverzeichniss zu Jahrgang 1860—1870 der Sitzungsberichte der k. b. Akad. d. Wiss. München, 1872; 8°.

American Journal of Science and Arts. Third Series. Vol. IV, Nrs. 19—24. New Haven, 1872; 8°.

Annalen der Chemie, von Wöhler, Liebig, Kopp, Erlenmeyer und Vohlard. N. R., Band LXXXIV, Heft 1—3. Leipzig und Heidelberg, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 3. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1918—1919. (Bd. 80. 22—23.) Altona, 1873; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLV, Nr. 180. Genève, Lausanne, Paris, 1872; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 1—2. Paris, 1873; 4°.

Franke, Aug. Moritz, Die Erde als organischer Körper dargestellt und beschrieben. Dresden. 1873, 8°. — Beschreibung einer Sammlung von Gebirgsarten, aus denen vorzugsweise die Ackererde entstanden ist etc. Dresden, 1872; 8°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: VIII. Bd., Nr. 1—2. Wien, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 3—4. Wien, 1873; 4°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VI, 7. & 8. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Kasan, Universität: Bulletin et Mémoires. 1869, Heft V—VI; 1870, Heft I—IV; 1871, Heft I—IV. Kasan; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 2. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873. Nr. 1. Wien; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt· Jahrgang 1872. Ergänzungsheft Nr. 34. Gotha; 4°.

— Mineralogische, von G. Tschermak. Jahrg. 1872, Heft IV. Wien; kl. 4°.

Nature. Nrs. 168—169, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Observations made at the Magnetical and Meteorological Observatory at Batavia, Vol. I. Batavia, 1871; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". II° Année, 2° Série, Nrs. 29—30. Paris, 1873; 4°.

Society, The Royal Geographical, of London: Journal. Vol. XLI. 1871. London; 8°. — Classified Catalogue of the Library of the R. Geogr. Soc., to December, 1870. London, 1871; 8°.

Tübingen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871. 4° & 8°.

Verein, Entomologischer, in Berlin: Berliner Entomologische Zeitschrift. XVI. Jahrg. II—IV. Vierteljahrsheft. Berlin, 1872; 8°.

— Nassauischer, für Naturkunde: Jahrbücher. Jahrg. XXV und XXVI. Wiesbaden, 1871 & 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang. Nr. 3—4. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang. 18. Heft. Wien, 1872; 4°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

2.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

V. SITZUNG VOM 6. FEBRUAR 1873.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Hofrath Freih. v. Ettingshausen den Vorsitz.

Die Direction des k. k. Real- und Obergymnasiums zu Oberhollabrunn dankt, mit Zuschrift vom 30. Jänner, für die Betheilung dieser Lehranstalt mit den akademischen Schriften.

Herr Prof. L. Gegenbauer in Krems übersendet eine „Note über bestimmte Integrale."

Herr Dr. B. Igel legt eine Abhandlung: „Zur Theorie der linearen Differentialgleichungen und der Algebra" vor.

Herr Dr. E. Priwoznik, Haupt-Münzamts-Chemiker, übergibt eine Abhandlung: „Über eine durch schwefelhältiges Mineralwasser bewirkte Veränderung von Gusseisen."

Herr Dr. H. Frombeck überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Der Parallelismus der Lehren von den Fourier'schen Integralen und den geschlossenen Integrationen, als das Hauptergebniss einer selbständigen, von den herrschenden Ansichten abweichenden Theorie der bestimmten Integrale."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie des Sciences, Belles-Lettres & Arts de Lyon: Mémoires. Classe des Lettres. Tome XIVe, Paris & Lyon, 1868—1869; Classe des Sciences. Tome XVIIIe. Paris & Lyon, 1870—1871; gr. 8°.

Accademia Pontificia de' nuovi Lincei: Atti. Anno XXVI, Sess. 1^a^. Roma, 1873; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr. Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 4. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1920. (Bd. 80. 24.) Altona, 1873; 4°.

Central-Observatorium, physikalisches, zu St. Petersburg. Annalen. Jahrgang 1870. St. Petersburg, 1872; 4°. — Meteorologische Übersicht Russlands. Herausgegeben von den Berg-Ingenieuren unter der Leitung von A. Kupffer. St. Petersburg, 1854; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 3. Paris, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 5. Wien, 1873; 4°.

Grunert, Joh. Aug., Archiv der Mathematik und Physik. LIV. Theil, 4. Heft. Greifswald, 1872; 8°.

Helsingfors, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871—1872. 4° & 8°.

Koninck, L. G. de, Nouvelles recherches sur les animaux fossiles du terrain carbonifère de la Belgique etc. Ire Partie. Bruxelles, 1872; 4°.

Marburg, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871—1872. 4°, 8° & Folio.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 19. Band, 1873. I. Heft. Gotha; 4°.

Nature. Nr. 170. Vol. VII. London, 1873; 4°.

Observatorio de Madrid: Anuario. Año IX—XII. 1869—1871. Madrid; kl. 8°. — Observaciones meteorológicas efectuadas en el Observatorio de Madrid. 1866—1870. Madrid, 1868—1871; 8°. — Resumen de las Observaciones meteorológicas efectuadas en la Peninsula. 1866—1870. Madrid, 1868—1872; 8°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Jahrbuch. Jahrgang 1872. XXII. Band. Nr. 4. Wien; 4°. — Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 17—18. Wien; 4°. — General-Register der Bände XI—XX des Jahrbuches und der Jahrgänge 1860—1870 der Verhandlungen. Von A. Senoner. Wien, 1872; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger. IIe Année, 2e Série, Nr. 31. Paris, 1873; 4°.

Société Nationale des Sciences naturelles de Cherbourg: Mémoires. Tomes XV & XVI (2e Série, Tomes V & VI). Paris & Cherbourg, 1870 & 1871/72; 8°.

Société Nationale Académique de Cherbourg: Memoires. 1871. Cherbourg & Caen; 8°.

— d'Agriculture, Histoire naturelle et Arts utiles de Lyon: Annales. IVe Série. Tomes I—II. 1868—1869; Lyon et Paris, 1869 & 1870; gr. 8°.

— Linnéenne de Lyon: Annales. Année 1870—71. (Nouvelle Série.) Tome XVIIIe. Paris, 1872; gr. 8°.

— des Ingénieurs civils: Mémoires et Compte rendu des travaux. 3e Série. 24e Année, 3e & 4e Cahiers. 1871; 4e Série. 25e Année, 1er & 2e Cahiers. Paris, 1872; 8°. — Séance du 10 Janvier 1873. 8°.

Verein, Naturhistorisch-medicinischer, zu Heidelberg: Verhandlungen. VI. Bd. 2. Heft. Heidelberg, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 5. Wien, 1873; 4°.

VI. SITZUNG VOM 13. FEBRUAR 1873.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Hofrath Freih. v. Ettingshausen den Vorsitz.

Herr Prof. Dr. R. Maly in Innsbruck übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Monochloracetylsulfoharnstoff und Sulfhydantoin".

Herr Prof. Dr. E. Suess überreicht eine Abhandlung des Herrn J. F. Brandt, Mitgliedes der kais. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg, betitelt: „Blicke auf die Verbreitung der in Europa bisher entdeckten Zahnwale der Tertiärzeit in specieller Beziehung auf die des Wiener Beckens."

Herr Dr. A. Boué legt eine Abhandlung vor: „Über wenig berücksichtigte geologische Theorien zur Auffindung von rentablen Bergwerken in weit entlegenen Erdgegenden".

Herr Prof. Dr. Th. Ritt. v. Oppolzer übergibt eine Abhandlung: „Nachweis für die im Berliner Jahrbuche für 1876 enthaltenen Ephemeriden der Planeten (58) Concordia, (59) Elpis, (62) Erato, (64) Angelina und (113) Amalthea".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Annales des mines. VIIe Série. Tome II. 4e Livraison de 1872. Paris; 8°.

d'Arrest, H., Indbydelsesskrift til Kjøbenhavns Universitets Aarsfest til erindring om kirkens reformation. Kjøbenhavn, 1872; 4°.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1872, Nr. 11 e 12. Firenze, 1872; kl. 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 4. Paris, 1873; 4°.

Feistmantel, Otakar, Über Fruchtstadien fossiler Pflanzen aus der böhmischen Steinkohlenformation. I. Hälfte: *Equisetaceae* und *Felices*. (Abhdlgn. d. k. böhm. Ges. d. Wiss. VI. Folge. 5. Bd.) Prag, 1872; 4°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVI (neuer Folge VI). Nr. I. Wien, 1873; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 3, Wien, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 6. Wien, 1873; 4°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo II^do, Serie IV^a, Disp. 1^a. Venezia, 1872—73; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VI, 9. & 10. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Königsberg, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1872. 4° & 8°.

Landbote, Der steierische. 6. Jahrgang, Nr. 3. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1873, Nr. 2. Wien; 8°.

Manabrea, Louis Frédéric, Principe général pour déterminer les pressions et les tensions dans un système élastique. Turin & Paris, 1868; 4°. — Sul principio di elesticità. Torino, 1870; 8°. — Intorno ad un scritto del Sig. Prof. Angelo Genocchi. Roma, 1872; 4°.

Moniteur scientifique du Docteur Quesneville. 17e Année. 3e Série, Tome III. 374e Livraison. Paris, 1873; 4°.

Nature. Nr. 171, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Plantamour, E., Résumé météorologique de l'année 1871 pour Genève et le Grand Saint-Bernard. Genève, 1872; 8°.

— et A. Hirsch, Détermination télégraphique de la différence de longitude entre les stations Suisses. Genève et Bale, 1872; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 1. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger.“ IIe Année, 2e Série, Nr. 32. Paris. 1873; 4°.

Schiaparelli, G. V., e P. F. Denza, Sulla grande pioggia di stelle cadenti prodotta dalla cometa periodica di Biela e osservata la sera del 27 novembre 1872. 8°.

Societas Entomologica Rossica: Horae. T. VIII. Nr. 3—4. Petropoli, 1872; 8°. — Irudy, T. VI, Nr. 3 & 4. (1871); T. VII, Nr. 1. (1872) St. Petersburg; 8°.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XIXe. Comptes rendus 1; Revue bibliographique C. Paris, 1872; 8°.

— Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIe Année, Nrs. 8—10. Constantinople, 1872—1873; 4°.

Verein, naturwissenschaftlicher, von Neu-Vorpommern und Rügen: Mittheilungen. IV. Jahrgang. Berlin, 1872; 8°.

— naturforschender, in Brünn: Verhandlungen. X. Band. 1871. Brünn, 1872; 8°.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftl. Veterinärkunde. XXXVIII. Band, 2. Heft. Wien, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 6. Wien 1873; 4°.

Wolf, Rudolf, Beiträge zur Geschichte der Schweizer Karten. I. Zürich, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 1. Heft. Wien, 1873; 4°.

Über die Harnstoffbestimmung mittelst titrirter salpetersaurer Quecksilberoxydlösung.

Von Dr. **J. Nowak.**

(Vorgelegt in der Sitzung am 16. Jänner 1873.)

Bei Gelegenheit der Bereitung salpetersaurer Quecksilberoxydlösungen, welche zur Bestimmung des Harnstoffes nach der Liebig'schen Methode titrirt sein mussten, konnte ich wiederholt beobachten, dass zur Erlangung der Endreaction eine kleinere Volumsmenge der Titreflüssigkeit erforderlich ist, als Liebig in seiner hierauf bezüglichen Originalabhandlung annimmt. Man findet daselbst die Angabe, dass zur vollständigen Ausfällung von 200 Millgr. Harnstoff, welche in 10 CC. Wasser gelöst sind, und zur Erlangung der durch die Tüpfelprobe mittelst kohlensauren Natrons herbeizuführenden, in einer gelben Färbung bestehenden Endreaction 20 CC. einer salpetersauren Quecksilberlösung nöthig sind, von welcher jeder Cubikcentimeter 77·2 Millgr. Quecksilberoxyd enthalten müsse.

Dieses Erforderniss wird mit der Ansicht begründet, dass, wenn man eine Harnstofflösung mit einer salpetersauren Quecksilberlösung, beide von bekanntem Gehalte, vermischt, nicht eher eine Fällung von gelbem Oxyd durch Zusatz von kohlensaurem Natron zu dieser Mischung wahrnehmbar wird, bis man ein Volum der salpetersauren Quecksilberlösung zugesetzt hat, welches gerade ausreicht, um vorerst mit sämmtlichem vorhandenen Harnstoff eine Verbindung zu bilden, welche aus einem Äquivalent salpetersauren Harnstoff mit vier Äquivalenten Quecksilberoxyd besteht, und die ausserdem noch so viel an Quecksilberoxyd enthält, dass ein jeder Cubikcentimeter der vermischten Flüssigkeit 3·47 Millgr. Quecksilberoxyd besitzt, welches

nothwendig ist, um beim Zusatz eines jeden Tropfens dieser Mischung mit einem Tropfen Sodalösung die gelbe Endreaction herbeizuführen.

Ich dagegen beobachtete wiederholt, dass, wenn ich eine salpetersaure Quecksilberlösung, welche 77·2 Millgr. Quecksilberoxyd im Cubikcentimeter enthielt, zur Titrirung auf 200 Millgr. in 10 CC. Wasser gelösten Harnstoffes verwendete, die Endreaction nicht erst, wie nach der Liebig'schen Voraussetzung beim Verbrauch von 20 CC., sondern schon nach dem Zusatze von 17·5 CC. der Quecksilberlösung deutlich sichtbar sich einstellte. Dies bewog mich, die hier obwaltenden Verhältnisse näher zu studiren.

Vorerst wollte ich mir Klarheit darüber verschaffen, ob für jeden Cubikcentimeter der Mischung der Gehalt an 3·47 Millgr. Quecksilberoxyd nöthig sei, auf dass ein Tropfen dieser Flüssigkeit mit einem Tropfen Sodalösung vermischt die gelbe Reaction hervorbringe. Zu diesem Zwecke verdünnte ich 9 CC. einer salpetersauren Quecksilberlösung, welche 77·2 Millgr. an Quecksilberoxyd in einem Cubikcentimeter enthielt, mit so viel Wasser, dass ich 200 CC. Flüssigkeit bekam, von der demnach jeder Cubikcentimeter einen Gehalt von 3·47 Millgr. an Quecksilberoxyd hatte. Ein Tropfen dieser Lösung zu einem Tropfen kohlensaurer Natronlösung gebracht, erzeugte augenblicklich eine stark gelbbraune Färbung. Ich brachte nun neuerdings 20 CC. Wasser hinzu, bekam wieder eine deutliche Reaction, und so konnte ich mit dem Zusatz von Wasser so lange fortfahren, bis ich schliesslich 600 CC. Flüssigkeit erhielt. Damit hatte ich auch die Grenze erreicht. Da nun in den 600 CC. 694 Millgr. Quecksilberoxyd enthalten waren, so ergibt sich, dass zur Hervorbringung der Endreaction mit Soda blos die Gegenwart von 1·15 Millgr. überschüssigen Quecksilberoxydes im Cubikcentimeter nöthig ist. Wenn man nun dieses Ergebniss bezüglich des zur Hervorbringung der Endreaction nothwendigen Gehaltes an freiem Quecksilberoxyd mit der Annahme Liebig's combinirt, dass sich nicht früher auf Sodalösung mit gelber Reaction wirkendes, freies Quecksilbersalz in der Flüssigkeit befindet, bevor nicht aller Harnstoff mit dem zugetröpfelten salpetersauren Quecksilber die Verbindung eingegangen ist, in welcher auf ein

Äquivalent salpetersauren Harnstoffs vier Äquivalente Quecksilberoxyd vorhanden sind, so ist man noch immer nicht im Stande, zu erklären, warum bei der Titrirung schon beim Verbrauch von 17·5 CC. der Quecksilberlösung die Endreaction auftritt. Denn zur Herstellung der obigen Harnstoffquecksilberverbindung bedarf man für 200 Millgr. Harnstoff 1440 Millgr. Quecksilberoxyd, zur Hervorbringung der Endreaction nach der oben gemachten Erfahrung 34 Millgr., im Ganzen also braucht man 1474 Millgr., welche erst in 19·1 CC. der Titreflüssigkeit enthalten sein können.

An der Reinheit und richtigen Titrirung meiner Lösungen konnte ich nicht zweifeln. Den Gehalt meiner Quecksilberflüssigkeit hatte ich durch nachfolgende drei Analysen, die untereinander sehr gut stimmen, festgestellt:

a) 10 CC. der Lösung gaben mit überschüssigem Schwefelammon gefällt 829·1 Millgr. Schwefelquecksilber = 772 Millgr. Quecksilberoxyd.

b) 15 CC., ebenso behandelt, gaben 1243 Millgr. Schwefelquecksilber = 1157·3 Millgr. Oxyd. 10 CC. enthalten also 771·4 Millgr. Quecksilberoxyd.

c) In 10 CC. der Lösung wurde das Quecksilber nach dem Rose'schen Verfahren als Chlorür bestimmt. Es wurden hiebei 841·8 Millgr. Quecksilberchlorür erhalten. Diese entsprechen 772·1 Millgr. Quecksilberoxyd.

Auch hatte ich mich sorgsamst überzeugt, dass die Quecksilberlösung frei von Oxydul und von salpetriger Säure war. Die Harnstofflösung hatte ich durch Auflösen von 4 Grm. bei 100° getrockneten Harnstoffs in so viel Wasser bereitet, dass das Volumen dieser Flüssigkeit 200 CC. betrug. 10 CC. dieser Lösung, unter der Luftpumpe zur Trockene gebracht, lieferten genau 200 Millgr. Harnstoff. Die zur Titrirung verwendeten Messapparate stimmten untereinander vollkommen. Es blieb mir nur die Vermuthung übrig, dass die Voraussetzung Liebig's, nach welcher der beim Vermischen der beiden Flüssigkeiten entstandene Niederschlag allen Harnstoff in Verbindung mit vier Aquivalenten Quecksilberoxyd enthalte, eine irrige sei. Hierin wurde ich namentlich durch die Beobachtung bestärkt, dass

wenn ich nach Verbrauch von 14 CC. Quecksilberlösung die Flüssigkeit filtrirte, beim fortgesetzten Zutröpfeln der Titreflüssigkeit in das Filtrat kein weiterer Niederschlag entstand.

Ich analysirte desshalb das beim Ausfällen von 10 CC. einer zweiprocentigen Harnstofflösung entstandene Präcipitat und Filtrat, wozu ich, wie bereits erwähnt, 17·5 CC. der Quecksilberlösung bis zum deutlichen Auftreten der Endreaction mit Soda nöthig hatte.

In die von dem weissen bei der Titrirung entstandenen Niederschlag abfiltrirte Flüssigkeit wurde Schwefelwasserstoff geleitet, das hiebei erhaltene mit Schwefelammon gewaschene Schwefelquecksilber betrug 1·016 Grm. = 946 Millgr. Quecksilberoxyd. Die von dem Schwefelquecksilber abfiltrirte Flüssigkeit gab beim Eindampfen Krystalle von salpetersaurem Harnstoff. Die Menge derselben betrug 259 Millgr., der so erhaltene salpetersaure Harnstoff wurde in Wasser gelöst, mit kohlensaurem Baryt digerirt, das Ganze unter der Luftpumpe zur Trockene gebracht und der Trockenrückstand mit adsolutem Alkohol ausgezogen. Die alkoholische Lösung verdampft gab 126 Millgr. Harnstoff. Der bei der Titrirung entstandene Niederschlag wurde auf einem vorher gewogenen Filter gesammelt und im Vacuum über Schwefelsäure getrocknet. Er wog nur 547 Millgr. In kaltem Wasser vertheilt, liess er sich selbst durch stundenlanges Einleiten von Schwefelwasserstoff nicht vollständig zersetzen. Wurde aber das den Niederschlag suspendirt enthaltene Wasser erwärmt, so wurde zwar sämmtliches im Niederschlag enthaltene Quecksilber als Schwefelquecksilber abgeschieden, zugleich aber fand eine Zersetzung des Harnstoffes statt, und beim Eindampfen der von dem Schwefelquecksilber abfiltrirten Flüssigkeit wurden keine Krystalle von salpetersaurem Harnstoff, sondern es wurde eine weisse, krystallinische Substanz erhalten, deren nähere Untersuchung mich nächstens beschäftigen wird. Das hiebei entstandene mit Schwefelammon gewaschene Schwefelquecksilber wog 435 Millgr. = 405 Millgr. Quecksilberoxyd. Da das Filtrat 126 Millgr. Harnstoff enthielt, so müssen die zu 200 noch fehlenden 74 Mgr. Harnstoff im Niederschlag enthalten sein. 74 Mgr. Harnstoff verhalten sich aber zu 405 HgO wie ein Äquivalent

Harnstoff zu drei Äquivalenten Quecksilberoxyd. Hieraus geht demnach hervor:

1. Der beim Vermischen einer zweiprocentigen Harnstofflösung mit so viel salpetersaurer Quecksilberlösung, bis ein Tropfen des Gemisches mit einem Tropfen kohlensauren Natrons eine gelbe Färbung erzeugt, entstehende Niederschlag enthält nur einen und zwar den kleineren Theil des in der zu titrirenden Flüssigkeit enthaltenen Harnstoffes.

2. Dieser Niederschlag ist nicht eine Verbindung von einem Äquivalent salpetersauren Harnstoffes mit vier Äquivalenten Quecksilberoxyd, sondern die Menge des Quecksilbers darin ist eine kleinere.

3. Die Menge des im Filtrat in Lösung vorhandenen Harnstoffes verhält sich, wenn man die zur Hervorbringung der Tüpfelreaction nothwendigen 34 Millgr. Oxyd abzieht, zur Menge des eben daselbst gelöst befindlichen Quecksilberoxydes wie ein Äquivalent Harnstoff zu vier Äquivalenten Quecksilberoxyd. Da nun das Quecksilberoxyd während des Titrirens auf kohlensaures Natron nicht die gelbe Reaction freier Quecksilberoxydsalze erzeugte, so lässt sich annehmen, dass im Filtrat eine auf Sodalösung nicht reagirende Verbindung enlhalten ist, welche auf ein Äquivalent Harnstoff vier Äquivalente Quecksilberoxyd besitzt, und dass diese entweder an und für sich oder durch die beim Vermischen der beiden Flüssigkeiten frei werdende Salpetersäure löslich ist.

Man ersieht demnach, dass in der That das Princip, auf Grund dessen die Harnstoffbestimmung mittelst titrirten salpetersauren Quecksilberoxydlösungen ausgeführt wird, ein irriges ist. Wiederholte Versuche lehrten mich auch, dass bei der Ausführung dieser Titrirmethode mit Harn die gleichen Beobachtungen gemacht werden, wie wenn man reine Harnstofflösungen nimmt. Der Umstand jedoch, dass das Liebig'sche Bestimmungsverfahren ein allgemein übliches ist, liess mich den Gedanken hegen, dass eine salpetersaure Quecksilberlösung, wenn sie erfahrungsgemäss so gestellt wurde, dass 20 CC. derselben mit 10 CC. einer 2percentigen Harnstofflösung vermischt, beim Zusatz des letzten Tropfens die gelbe Tüpfelreaction mit kohlensaurem Natron erzeugen, dennoch zur Bestimmung des Gehaltes

an Harnstoff verwendet werden könne, was bei der oben erkannten Verbindungsweise des Harnstoffes mit Quecksilberoxyd dann denkbar ist, wenn die Menge, mit welcher die unlösliche Quecksilber-Harnstoffverbindung entsteht, zur Menge der löslichen bei jedem Procentgehalt der zu titrirenden Flüssigkeit an Harnstoff in einem stets gleichen proportionalen Verhältnisse steht. In dieser Richtung angestellte Versuche lehrten mich, dass dem nicht so sei; je geringer der Procentgehalt an Harnstoff ist, desto mehr bildet sich von der löslichen, desto weniger von der unlöslichen Verbindung.

Dies ist auch im Einklang mit nachfolgender Versuchsreihe: 100 Mgr. Harnstoff in:

$2^1/_2$	CC.	Wasser	gelöst	verlangten	9·7	CC.	der Quecksilberlösg.
5	„	„	„	„	10	„	„ „
$7^1/_2$	„	„	„	„	10·2	„	„ „
10	„	„	„	„	10·4	„	„ „
$12^1/_2$	„	„	„	„	11	„	„ „
15	„	„	„	„	11·2	„	„ „

10 CC. einer 1%igen Harnstofflösung verlangten 10·4 CC.

„	„	2	„	„	„	20	„
„	„	3	„	„	„	29·4	„
.	„	4	„	„	„	38·6	„

Bei einem gleichen Procentgehalt an Harnstoff aber verlangen verschiedene Mengen der Harnstofflösung proportionale Mengen der Quecksilberoxydflüssigkeit. Denn

5	CC.	einer	2%igen	Lösung	verlangten	10	CC.
8	„	„	„	„	„	16	„
10	„	„	„	„	„	20	„
15	„	„	„	„	„	30	„
5	CC.	einer	1%igen	Lösung	verlangten	5·25	CC.
$7^1/_2$	„	„	„	„	„	7·85	„
10	„	„	„	„	„	10·4	„
15	„	„	„	„	„	15·6	.

Es ergibt sich also, dass die Bestimmung des Harnstoffes mittelst der titrirten salpetersauren Quecksilberlösung genaue Resultate nicht liefern kann.

Ist die Lösung so gestellt, dass 1 CC. derselben 77·2 Millgr. Oxyd enthält, so fallen die berechneten Resultate vieles zu niedrig aus, da nicht erst 20 CC. dieser Lösung, sondern schon 17·5 CC. 200 Millgr. Harnstoff anzeigen. Ist aber die Quecksilberlösung derart concentrirt, dass 20 CC. derselben 200 Millgr. Harnstoff anzeigen, so fallen die Resultate bei mehr als 2%igen Harnstofflösungen zu klein, bei geringerprocentigen zu hoch aus.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

3.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

VII. SITZUNG VOM 6. MÄRZ 1873.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über den Syngenit", vom Herrn Oberbergrath und Professor Dr. V. Ritter v. Zepharovich in Prag.

„Beiträge zur Kenntniss des Wachsthums der Pflanzen", vom Herrn Franz Krašan, Gymnasial-Professor in Krainburg, eingesendet durch Herrn Vice-Director K. Fritsch in Salzburg.

„Über rationale ebene Curven vierter Ordnung, deren Doppelpunktstangenten Inflexionstangenten sind", vom Herrn Prof. Dr. Emil Weyr in Prag.

Herr J. Richard Harkup, Realitätenbesitzer in Hütteldorf, hinterlegt ein versiegeltes Schreiben zur Wahrung seiner Priorität.

Herr Hofrath Dr. E. Ritter v. Brücke überreicht eine Abhandlung des Herrn Dr. Alex. Kusnezoff aus Charkow: „Über blutkörperchenhaltige Zellen der Milz".

Herr Prof. Dr. Jos. Boehm legt eine Abhandlung: „Über die Respiration von Landpflanzen" vor.

Herr Prof. R. Niemtschik übergibt eine Abhandlung: „Über die Construction der einander eingeschriebenen Linien zweiter Ordnung."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academy of Natural Sciences of Philadelphia: Proceedings. Parts I—III. January—December 1871. Philadelphia; 8°.

— American Journal of Conchology. Vol. 6, Part 4 (1870—1871); Vol. 7, Parts 1—4 (1871—72). Philadelphia, New York, London, Berlin; 8°.

— The American, of Arts and Sciences: Proceedings. Vol. VIII. Sign. 38—51. 8°.

Akademie, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. November 1872. Berlin, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 5—7. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1921—1924. (Bd. 81, 1—4.) Altona, 1873; 4°.

Barrande, Joachim, Système silurien du centre de la Bohême. Ire Partie. Supplément au Vol. I. Prague & Paris, 1872; 4°.

Boston Society of Natural History: Memoirs. Vol. II, Part I, Nrs. 2—3; Vol. II, Part II, Nr. 1. Boston, 1871—1872; 4°. — Proceedings. Vol. XIII, Sign. 24—28; Vol. XIV, Sign. 1—14. Boston 1869—1871; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 5—6. Paris, 1873; 4°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 4. Wien, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 7—9. Wien, 1873; 4°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 4. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 3—4. Wien; 8°.

Lotos. XXII. Jahrgang. December 1872. Prag; 8°.

Mittheilungen des k. k. technischen und administrat. Militär-Comité. Jahrgang 1873, 1. Heft. Wien; 8°.

— aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 19. Band, 1873, Heft II. Gotha; 4°.

Nachrichten über Industrie, Handel und Verkehr aus dem statistischen Departement im k. k. Handels-Ministerium. I. Band, 1. & 2. Heft. Wien, 1873; 4°.

Nature. Nrs. 172—174, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI, Nr. 12. Torino, 1871; 4°.

Owen, On the Carpal copulatory Spines (or supposed Horn) of the Iguanodon. (From the Palaeontographical Society's Vol. XXV.) London, 1872; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 2—3. Wien; 4°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. von Ph. Carl. VIII. Band, 6. Heft. München, 1872; 8°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIe Année, 2e Série, Nrs. 33—35. Paris, 1873; 4°.

Santiago de Chile, Universidad: Anales de 1840. Santiago de Chile; 8°. — Memorias de los Ministros del Interior, Relaciones Esteriores, Justicia, Hacienda, Guerra i Marina de 1870. 8°. — Sesiones de la Cámera de Senadores de 1870. Nr. I—II. 4°. — Sesiones de la Cámera de Diputados de 1870. Nr. I—II. 4°.

Societät, physicalisch-medicinische, zu Erlangen: Sitzungsberichte. 4. Heft. November 1871 bis August 1872. Erlangen 1872; 8°.

Society, The Royal, of London: Philosophical Transactions. For the Year 1871. Vol. 161, Part II; For the Year 1872. Vol. 162, Part I. London 1872; 4°. — Proceedings. Vol. XX, Nrs. 130—138. London, 1871—72; 8°. — Catalogue of Scientific Papers (1800—1863). Vol. VI. London, 1872; 4°. — The Royal Society. 30th November 1871. 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 7—9. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 2. Heft. Wien, 1873; 4°.

Über blutkörperchenhaltige Zellen der Milz.

Von Dr. **Alexander Kusnezoff** in Charkow.

(Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.)

Die Frage über die blutkörperchenhaltigen Zellen der Milz ist bis jetzt noch nicht gelöst. Schon im Jahre 1847 beschrieben Kölliker [1] und Ecker [2] besondere, in der Milz vorhandene Gebilde, welche rothe Blutkörperchen enthalten, und daher von Kölliker als blutkörperchenhältige Zellen bezeichnet worden sind.

Diese Forscher fanden obengenannte Gebilde bei vielen, wenn auch nicht allen, sowohl kalt- als warmblütigen Wirbelthieren und stellten sich dieselben als wahre Zellen vor, die durch Ablagerung einer Membran um gruppenweise angehäufte rothe Blutkörperchen entstanden sein dürften. Später läugneten Remak [3] und Bertin [4] die Existenz solcher Zellen; sie fassten dieselben als Leichenerscheinung auf und behaupteten, sie seien nichts Anderes, als runde, rothe Blutkörperchen einschliessende Gerinnsel, welche durch geronnenes Fibrin an einander haften; eine Tags darauf eingetretene Veränderung im Cohäsionszustande des Fibrins liess diese Zellen für immer ver-

---

[1] Über den Bau und Verrichtungen der Milz. Aus den Mittheilungen der Züricher naturf. Gesellschaft. 1847.

[2] Über die Veränderungen, welche die Blutkörperchen in der Milz erleiden. Zeitschr. f. ration. Medizin. 1847. Heft II, S. 261.

[3] Über die sogenannten blutkörperchenhaltigen Zellen der Milz und Leber. Müller's Archiv. 1851. Heft V, S. 480.

[4] Über die blutkörperchenhaltigen Zellen. Archiv f. d. holländ. Beitr. z. Natur- u. Heilkunde. 1857. S. 356.

schwinden. Andere Forscher aber (Virchow [1], Conheim [2], W. Müller [3] bestätigten aufs Neue die Existenz dieser Zellen. Nichtsdestoweniger wurde die ganze Sache in der letzten Zeit wieder in Zweifel gezogen. Kölliker [4] selbst äussert sich in der letzten Auflage seiner Histologie folgendermassen: „In anderen Fällen liegen sie (i. e. Blutkörperchen) im Innern von kernhaltigen Gebilden von 11—13 Mm. Grösse, die täuschend wie Zellen aussehen, den von mir sogenannten blutkörperchenhaltigen Zellen.“ Frey [5] sagt: „Man hat schon vor längeren Jahren blutkörperchenhaltige an Zellen erinnernde, schollenartige Gebilde aus der Milz beschrieben.“

Auf Grund all dieser Zweifel entschloss ich mich, diesen streitigen Punkt nochmals zu prüfen.

Zu diesem Zwecke nahm ich Milzen soeben getödteter Thiere, schnitt an kleineren kleine Stücke ab, an grösseren dagegen sammelte ich die Pulpa, welche sich bei der Schnittführung an der Messerklinge absetzte, legte diese Stückchen, respective Pulpa, in Jodserum und zerzupfte sie. Die auf solche Weise erzeugte Flüssigkeit legte ich in einer dünnen Schicht auf Deckgläschen, welch' letztere ich hierauf auf den heizbaren Stricker'schen Tisch that, und nun, anfangs bei Zimmertemperatur, darauf allmälig erwärmend, unter dem Mikroskop beobachtete. Die gewöhnliche Beobachtungstemperatur überstieg nicht 32° C., meistentheils aber lag sie zwischen 27° und 30° C. Zur Beobachtung brauchte ich verschiedene, soeben getödtete Thiere: Kaninchen (50), Hunde (5), Katzen (4), Mäuse (2), Tauben (4), Frösche (10), Salamander (5); ausserdem untersuchte ich mehrmals menschliche und Kälbermilzen. Ich beobachtete mit Hilfe des Hartnack, Syst. 10, Ocul. 3.

---

[1] Über die blutkörperchenhaltigen Zellen. Archiv f. patholog. Anat. u. Physiol. Bd. IV, Heft IV, S. 515.

[2] Über die Contractilität der Zellen der Milzpulpa. Virchow's Archiv. 1864. Bd. XXXIII, S. 311.

[3] Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere. Von Stricker. 2. Lief. 1869. S. 256.

[4] Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 1867. 5. Aufl. S. 452.

[5] Das Mikroskop und mikroskopische Technik. 1871. S. 273.

Bei der Untersuchung der auf oben genannte Weise zubereiteten Präparate fand ich unter anderen Bestandtheilen der Milzpulpa gesonderte, runde oder ovale Zellen von 0·010 Mm. und mehr, manchmal durchsichtig, schwach contourirt, grösstentheils aber mit scharf markirten Contouren und feinkörnigem Inhalt, die sich nicht merklich von den übrigen farblosen Pulpazellen unterschieden. Innerhalb dieser Zellen fanden sich grüngelbliche, dunkel contourirte, runde, ovale oder geschrumpfte Körperchen vor, die sich weder durch Grösse, noch durch Farbe von den rothen Blutkörperchen unterscheiden liessen, und blos in der Mitte keine tellerförmige Vertiefung besassen. Die Zahl derselben in einer Zelle belief sich von 1 bis 5; aber so viele wie andere Beobachter (Kölliker, Ecker und Andere) sie gesehen haben (bis zu 20), habe ich kein einziges Mal erblickt. Manchmal konnte man diese Körperchen deutlich sehen, manchmal dagegen waren sie von dem Zelleninhalt bedeckt und traten nur bei Veränderungen des letzteren hervor. Ausser diesen rothe Blutkörperchen enthaltenden Zellen konnte man noch andere von verschiedener Grösse wahrnehmen, die in sich kleine, farbige, dunkelgelbe und grüngelbe, manchmal runde, manchmal unregelmässig gestaltete Stückchen einschlossen; ebenso Zellen mit grobkörnigem, dunklem Inhalt. Manchmal lagen diese kleinen Stückchen in der Zelle neben einem unversehrten rothen Körperchen. Auf diese Weise habe ich entschieden die von Kölliker und Ecker beschriebenen Körperchen gesehen. Bei 15° C. (der Temperatur auf dem ungeheizten Objecttische an meinem Arbeitsfenster) boten diese Zellen nicht die geringste Veränderung. Aber bei allmäligem Erwärmen des Heiztisches begannen sie Veränderungen einzugehen, welche bei allmäliger Temperaturzunahme (bis 27—29° C., bis zu welcher ich das Erhitzen trieb) immer deutlicher und markirter wurden. Diese Veränderungen bestanden darin, dass die Zellen Fortsätze aussandten, die bald blass, kaum bemerkbar waren, bald Protoplasmakörnchen enthielten. Die Fortsätze hatten verschiedene Gestalt; bald waren sie langgestreift und dünn, bald kürzer und breiter, bald wie eine Getreideähre, bald fächerförmig ausstrahlend. Dabei änderte sich auch die Gestalt der Zelle: bald verlängerte sie sich zum Oval oder zur Birne, bald wurde

sie wieder rund oder linsenförmig, und sehr häufig konnte man Ortsveränderungen der Zelle wahrnehmen. An all diesen Veränderungen der Zelle nahmen auch die rothen Blutkörperchen Theil, worüber ich genauer unten sprechen werde. Hier muss nur ein für allemal hervorgehoben werden, dass die besprochenen rothen Blutkörperchen sowohl als farbigen Stückchen bei allen Bewegungen der Zelle immer innerhalb derselben sassen, nicht etwa auf oder unter ihr, wovon ich bei verschiedener Objectiveinstellung mich aufs deutlichste überzeugt habe. Es war höchst interessant, die gleichzeitig vor sich gehenden Veränderungen der nebenliegenden farblosen Zellen zu verfolgen, und es ergab sich, dass sich selbige durch nichts von den Veränderungen unterschieden, welche in den blutkörperchenhaltigen Zellen vor sich gingen. Diese Veränderungen konnte man 3—4 Stunden lang verfolgen. Auf diese Weise habe ich mich aufs entschiedenste überzeugt, dass die die Blutkörperchen enthaltenden Gebilde wirkliche Zellen sind, welche, so lange sie noch ihre Lebenseigenschaften bewahrt haben, Orts- und Gestaltsveränderungen eingehen können. Ähnliche Formveränderungen an blutkörperchenhaltigen Zellen beobachteten: Preyer [1] — in künstlich erzeugten Extravasaten des paradorsalen Lymphsackes der Frösche; Conheim (l. c.) — im Milzblut eines einzigen Meerschweinchens; Lieberkühn [2] — im Salamander- und Kaninchenblut, das, frisch entleert, einige Tage in hermetisch zugelötheten Röhrchen aufbewahrt worden war; Langhans [3] — in künstlich erzeugten Extravasaten an Kaninchen und Tauben; und Bizozzero [4] — in Extravasaten bei Hypopion.

Es wirft sich nun die Frage auf, auf welche Weise die rothen Blutkörperchen in diese Zellen hineingelangt sein dürften?

---

[1] Über amoeboide Blutkörperchen. Virchow's Archiv. Bd. XXX. S. 417.

[2] Sitzungsber. d. Marburger naturf. Gesellsch. 1868. S. 23.

[3] Beobachtung über Resorption des Extravasate. Virchow's Arch. 1868. Bd. 43, S. 66.

[4] Beiträge zur Kenntniss der sogenannten endogenen Zellenbildung. Medizin. Jahresber. von Stricker. 1872. Heft II, S. 165.

Kölliker, Ecker und Andere erklärten sich den Vorgang so, dass um die gruppenweise angehäuften rothen Blutkörperchen sich aus dem umgebenden Plasma ein Häutchen bilde, wobei der Zellenkern entweder früher auftrete, oder sich erst nachträglich bilde. Aber Virchow (l. c.) stellte schon eine andere Hypothese auf, nach welcher die rothen Blutkörperchen durch Druck von aussen her (aus unbekannter Ursache) in die Zelle durch ein hypothetisches Loch der Zellenwand hineingetrieben werde, worauf dieses letztere sich wieder schliesse. Preyer (l. c.), Lieberkühn (l. c.) und Langhans (l. c.) liessen das Auftreten rother Blutkörperchen innerhalb der Zelle dadurch zu Stande gekommen zu, dass die Zelle diese Körperchen fasste und in sich aufnehme. Aber Zweifel darüber herrschen noch bis heutzutage, wenigstens für die Zellen der Milz. So spricht sich W. Müller (l. c.) darüber folgendermassen aus: „Es ist zu vermuthen, dass die Mehrzahl dieser blutkörperchenhaltigen Zellen einer Einwanderung farbiger Blutkörper in das Protoplasma anliegender Pulpazellen ihre Entstehung verdankt.“ Ebenso Frey (l. c.): „Die Stellen ihres (der blutkörperchenhaltigen Zellen) Vorkommens, sowie die Genese bedürfen erneuerter Untersuchungen, obgleich eine Aufnahme durch eine amöboide Zelle sicherlich hier vorliegt.“

Mir gelang es einigemal, an dem Milzblut des Kaninchens wahrzunehmen, wie die farblose Zelle unmittelbar das farbige Körperchen fasste und in sich aufnahm. Nachdem ich 2—3 Stunden lang eine solche farblose Zelle mit dem dicht daran liegenden rothen Blutkörperchen verfolgt hatte, konnte ich wahrnehmen, wie diese Zelle Fortsätze ausstreckte, welche das rothe Blutkörperchen fassten und es in die Zelle brachten; oder ich sah, wie die ganze Zelle sich ausdehnte, das rothe Blutkörperchen umfasste und es gleichsam verschlang.

Einmal sah ich ein sehr interessantes Phänomen. Auf einer ziemlich grossen, runden, farblosen Zelle von 0·010 Mm. mit feinkörnigem Inhalt lag mehr nach links ein rothes Blutkörperchen von runder Gestalt, in der Mitte eingedrückt, welches durch nichts von den umgebenden frei liegenden rothen Blutkörperchen zu unterscheiden war. Dass das rothe Blutkörperchen auf der farblosen Zelle lag, erhellte daraus, dass bei tieferer Ein-

stellung die Zellencontouren scharf hervortraten, während die des rothen Blutkörperchens sich verwischten, und vice versa bei oberflächlicher Einstellung. Nach einer einstündigen Beobachtung, während welcher Zeit die Zelle an ihrer Peripherie bald Fortsätze ausstreckte, bald sie wieder einzog, sah ich, wie von der Oberfläche der Zelle feine granulirte Fortsätze sich erhoben, die von der Seite her das rothe Blutkörperchen umwölbten und über ihm sich umbogen, so dass auf der Oberfläche des rothen Blutkörperchens Schattenbewegungen wahrzunehmen waren; nach einer halben Stunde erschien an der rechten Seite der Zelle ein Fortsatz, der in Form eines Schwanzes mit dem dünnen Ende sich nach unten krümmte. Dieser Fortsatz wurde allmälig grösser, in der Mitte dicker, an den Enden sich streckend; nach 20 Minuten wurde am mittleren dicken Stück ein Contour sichtbar, der anfangs undeutlich, allmälig deutlicher wurde und endlich sich als ein Kern mit Kernkörperchen entpuppte. Als sich der Kern nun vollständig ausgeprägt hatte, trat die Protoplasmamasse der grossen Zelle allmälig zum Zellenfortsatz und schleppte nach sich das rothe Blutkörperchen. Es war interessant zu sehen, wie letzteres, als es die enge Verbindungsbrücke zwischen Zelle und Zellenfortsatz passiren musste, sich streckte und, in den Zellenfortsatz hineingelangt, wiederum die runde Form annahm. Das Hindurchtreten geschah nicht plötzlich, sondern allmälig, so dass ich Zeit hatte, diesen Vorgang einigen Collegen zu demonstriren. Als bereits der grösste Theil des Zellenplasmas mitsammt dem rothen Blutkörperchen in den mittleren verdickten Theil des Zellenfortsatzes hineingelangt war, sandte das unterste Ende des letztern zwei neue Fortsätze aus, während sein oberes fächerförmig ausstrahlte; alsdann schrumpfte letzteres zusammen und das Auge sah nur noch eine Zelle von runder Gestalt mit zwei Fortsätzen und einem rothen Blutkörperchen in der Mitte; einer der Fortsätze wurde allmälig wieder eingezogen, der andere blieb. Die Beobachtung dauerte drei Stunden. Was darauf mit dem rothen Blutkörperchen geschah, vermag ich nicht anzugeben, weil die Untersuchungsflüssigkeit nach einer halben Stunde austrocknete.

Auf Grund dieser Beobachtungen kann man wohl die Muthmassung aussprechen, dass die blutkörperchenhaltigen Milzzel-

len dadurch zu Stande kommen, dass die farblosen Pulpazellen die rothen Blutkörperchen fassen und in sich aufnehmen.

Ausser den blutkörperchenhaltigen Zellen finden sich in der Milzpulpa, wie bereits oben angedeutet, Zellen vor, die grosse und kleine Stückchen farbiger Blutkörperchen in verschiedener Quantität und ebenso Pigmentkörner enthalten; ausserdem trifft man noch hie und da frei umherschwimmende farbige Blutkörperchenstückchen und Pigmenthaufen. Zuerst stellten Kölliker (l. c.) und Ecker (l. c.), darauf auch andere Forscher, die Ansicht auf, dass diese blutkörperchenhaltigen Zellen eine regressive Metamorphose des rothen Blutkörperchens darstellten, deren Endstadium pigmenthaltige Zellen und freies Pigment seien. Die Ansicht fusste darauf, dass gleichzeitig mit den blutkörperchenhaltigen Zellen in der Milzpulpa auch solche auftreten, die nur noch Blutkörpenchentrümmer und Pigment enthalten; ebenso konnte man in Extravasaten anfangs die ersteren und später erst bei längerem Bestand des Extravasates nur Zellen wahrnehmen, die Blutkörperchentrümmer und Pigment führten. Wenn ich lange Zeit eine solche blutkörperchenhaltige Zelle beobachtete, konnte ich vielmals sehen (bei Kaninchen, Hunden und Katzen), wie mit der Gestaltänderung der Zelle selbst auch ihr Inhalt sich veränderte; am Rande nämlich des eingeschlossenen rothen Blutkörperchens zeigte sich eine Vertiefung, die immer grösser wurde, bis an den entgegengesetzten Rand reichte und nun das Körperchen in zwei Theile spaltete; alsdann ging die Theilung weiter vor sich, bis nach $1^1/_2$ Stunden ungefähr die farblose Zelle nicht mehr ein ganzes rothes Blutkörperchen, sondern nur Trümmer desselben in sich fasste. Ob und wie die Umwandlung in körniges Pigment erfolgte, konnte ich nicht verfolgen; wahrscheinlich ist für die Bildung des Pigments eine bedeutend längere Zeit erforderlich, als dass man sie Schritt für Schritt verfolgen könnte. Nie sah ich, was Preyer (l. c.) in an Fröschen künstlich erzeugten Blutextravasaten beobachtete, dass die gesonderten Blutkörperchenstückchen zusammenfliessen; im Gegentheil blieben (sogar in der Froschmilz) bei den verschiedensten Formveränderungen der Zelle diese Blutkörperchenstücke unverändert, oder aber sie zerfielen in noch kleinere Stückchen. Vielleicht haben diejenigen Beobachter, welche in einer farblosen

Zelle eine bedeutende Menge (bis 20) rothe gezählt haben (was namentlich bei den Fröschen und Salamandern, wo die rothen Blutkörperchen im Verhältniss zu den farblosen so mächtig sind, besonders auffallen muss), die Stücke der bereits zerfallenen rothen Blutkörperchen für ganze Blutkörperchen gehalten. Darauf kann man auch aus den Abbildungen Einiger (z. B. bei Ecker — Icones physiol. Taf. IV, Fig. 14; Langhans — l. c. Taf. 2, Fig. 5) schliessen.

Ausser der Theilung der rothen Blutkörperchen innerhalb der Zelle habe ich noch eine Erscheinung wahrgenommen, — das Ausstossen rother Blutkörperchen von innen aus. Bei den verschiedenen Gestaltveränderungen der Zelle zeigten sich einige Stückchen an der Peripherie der Zelle, traten allmälig nach aussen, um zuletzt vollkommen frei zu werden. Mir scheint, dass sich aus diesem Umstande das Auftreten freier Stückchen und Pigmenthäufchen ableiten lässt.

Hinsichtlich der Bedingungen, unter denen in der Milz die blutkörperchen- und pigmenthaltigen Zellen auftreten, kann ich Folgendes aussagen: Ich fand sie immer, und verhältnissmässig viele, in den Milzen satter, unlängst gefütterter Thiere, oder solcher, die vor einigen Stunden erst Nahrung zu sich genommen hatten; bei durch Diarrhoea erschöpften Kaninchen, bei zwei Hunden, die 2 Tage, bei einer Maus, die 3 Tage hungerten, fand ich sie nicht. Ebenso gelang es mir sehr selten, sie an Fröschen und Salamandern anzutreffen, gerade da, wo die meisten Forscher sie am häufigsten gesehen haben. Ich erkläre mir letzteren Umstand durch die geringe Lebensthätigkeit und die mangelhafte Stoffzufuhr dieser Thiere während des Winters. Landis [1] fand in der Milz des Kaninchens diese Zellen in grosser Quantität 5—6 Stunden nach der Fütterung. Selbstverständlich schliesst dieses das Auftreten solcher Zellen auch unter anderen Bedingungen nicht aus. So habe ich sie in der Milz von Menschen, die an verschiedenen Krankheiten gestorben waren, in ziemlich grosser Quantität angetroffen.

[1] Beiträge zur Lehre über die Verrichtungen der Milz. Zürich 1847. Inaug. Diss.

Was für Bedeutung haben nun diese Zellen in der Milz, und welche Rolle dürften sie daselbst spielen?

Kölliker (l. c. und [1]) und Ecker (l. c.) sprachen sich zuerst dahin aus, dass ihr Auftreten physiologisch sei, dass in diesen Zellen die rothen Blutkörperchen zu Grunde gehen und Pigment sich bilde, und dass auf diese Weise die Milz einerseits die Bildungsstätte, anderseits das Grab der rothen Blutkörperchen sei. Später aber änderte Kölliker seine Ansicht; im Handbuch der Gewebelehre, 5. Aufl. 1867, S. 453, sagt er: „Die Umwandlung der Blutzellen im Milzgewebe, ihr Übergang in Farbkörner und ihr gänzlicher Untergang gehören in jene Reihe pathologischer Bildungen, welche ihres häufigen Vorkommens halber den Eindruck regelrechter Vorgänge machen, ohne doch zu solchen zu gehören.“ Frey neigt sich auch mehr zur Ansicht einer pathologischen Erscheinung und vindicirt der Milz blos die Bildungsstätte rother Blutkörperchen.

Aber das beständige Vorhandensein dieser Zellen an gesunden, gut genährten Thieren (ich fand sie ja, wie oben bemerkt, immer bei solchen Thieren, sogar bei Katzen, wo Kölliker sie nicht sah) einerseits, die Abwesenheit derselben oder ihr geringes Auftreten bei Thieren, die schlecht genährt oder erschöpft waren anderseits, gestatten den Schluss, dass sie physiologisch seien, und dass sie, wie Kölliker es zuerst aussprach, die Rolle übernehmen, die rothen Blutkörperchen ihrem Untergang entgegen zu führen. Der Umstand, dass ähnliche Zellen in Extravasaten vorkommen, also unter pathologischen Verhältnissen, widerspricht dem zuerst Ausgesprochenen durchaus nicht. Mir scheint es, dass es diese Ansicht vielmehr bestätigt; denn was für ein Loos die rothen Blutkörperchen auch treffen mag, so scheinen sie immerhin erst dann zu Grunde gehen zu können, wenn sie die Mittelstadien des Aufgenommenseins in die farblosen Zellen, ihres Zerfallens daselbst und zuletzt ihrer Umwandlung durchgemacht haben.

Auf Grund des so eben Gesagten erlaube ich mir folgende Schlussfolgerungen:

---

[1] Mikroskop. Anatomie. 1854. Bd. II, Heft 2, S. 273.

1. Die beschriebenen Gebilde in der Milz, welche rothe Blutkörperchen führen, sind wirkliche Zellen.

2. Sie kommen dadurch zu Stande, dass Pulpazellen rothe Blutkörperchen in sich aufnehmen.

3. Es geht in ihnen die Zertrümmerung der rothen Blutkörperchen vor sich und deren Umwandlung in Pigment.

4. Dieser Process ist physiologisch.

VIII. SITZUNG VOM 13. MÄRZ 1873.

Die Direction des k. k. Staatsobergymnasiums zu Landskron dankt, mit Zuschrift vom 7. März, für die Betheilung dieser Lehranstalt mit dem „Anzeiger" der Classe.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia, R., de' Fisiocritici: Revista scientifica. Anno IV, fasc. VI. Siena-Roma, 1872; 8°.

d'Ancona, Cesare, Malacologia pliocenica Italiana. Fasc. II. Firenze, 1872; 4°.

Annuario marittimo per l'anno 1873. XXIII. Annata. Trieste, 1873; 8°.

Association, The American Pharmaceutical: Proceedings, 20th Annual Meeting. Philadelphia, 1873; 8°.

Asten, Hugo von, Über die in südöstlicher Umgegend von Eisenach auftretenden Felsitgesteine etc. Heidelberg, 1873; 8°.

Ateneo Veneto: Atti. Serie II. Vol. VII. Anno accademico 1869—70. Punt. II. Venezia, 1872; 8°.

Bazerque, La caravane universelle, voyages autour du monde en vue de l'exploration scientifique de toutes les parties accessibles de l'univers. Paris; 8°.

Beobachtungen, Schweizer. Meteorologische. December 1871, Jänner & Februar 1872. Zürich; 4°.

Bureau de la Recherche Géologique de la Suède: Carte Géologique de la Suède. 42e—45e livraisons. Folio (Text in 8°). — Coupe géognostique de la chaîne de la Scandinavie, par A. E. Törnebohm. Stockholm, 1872; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 7—8. Paris, 1873; 4°.

Cosmos. Communicazioni sui progressi più recenti e notevoli della geografia e scienze affini di Guido Cora. I. Torino, 1873; 4°.

De la Rive, Auguste, et Édouard Sarasin, Sur la rotation sous l'influence magnétique de la décharge électrique dans les gaz raréfiés etc.; 8°.

Ferdinandeum für Tirol und Vorarlberg: Zeitschrift. Dritte Folge. XVII. Heft. Innsbruck, 1872; 8°.

Genocchi, Angelo, Intorno ad una lettera del Sign. Conte L. F. Manabrea. Roma, 1873; 4°.

Gesellschaft, Deutsche geologische: Zeitschrift. XXIV. Band, 3. Heft. Berlin, 1872; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 5. Wien, 1872; 4°.

— Königl. bayer. botanische, in Regensburg: Flora. N. R. 30. Jahrgang oder der ganzen Reihe 55. Jahrgang. 1872. Regensburg; 8°. — Repertorium der periodischen botanischen Literatur vom Beginn des Jahres 1864 an. VIII. Jahrgang. 1871. Regensburg, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 10. Wien, 1873; 4°.

Grad, Charles, Considérations sur la géologie et le régime des eaux du Sahara Algérien. Paris, 1873; 8°.

Grassmann, Robert, Die Erdgeschichte oder Geologie. Stettin, 1873; 8°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Memorie. Vol. XVII, Parte II. Venezia, 1873; 4°. — Atti. Tomo II°. Serie IV^a, Disp. 2^a. Venezia, 1872—73; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXVIII, Heft 5 & 6. Speyer, 1872; 8°.

Kornhuber, A., Über einen neuen fossilen Saurier aus Lesina. (Abhdlgn. der k. k. geolog. Reichsanstalt. Bd. V, Heft 4.) Wien, 1873; 4°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 5. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 5. Wien; 8°.

Lea, Isaac, Rectification of T. A. Conrad's „Synopsis of the Family of Naïades of North America." Philadelphia, 1872; 8°.

Listing, Joh. Benedict, Über unsere jetzige Kenntniss der Gestalt und Grösse der Erde. Göttingen, 1872; 12°.

Moniteur Scientifique du Dr. Quesneville. 3e Série. Tome III, 375e Livraison. Paris, 1873; 4°.

Museum of Comparative Zoology at Harvard College: Bulletin. Vol. III, Nrs. 5 & 6. Cambridge, 1872; 8°. — Illustrated Catalogue. Nr. VII. Cambridge, 1872; 4°.

Nature. Nr. 175, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Pessina, Luigi Gabriele, Ai Signori Astronomi e Fisico-Matematici. Messina, 1873; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIe Année, 2e Série, Nr. 36. Paris, 1873; 4°.

Società Italiana di Antropologia e di Etnologia: Archivio. IIe Vol., fasc. 4°. Firenze, 1872; 8°.

Société Mathématique de France: Bulletin. Tome Ier, Nr. 1. Paris, 1873; 8°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XIXe. 1872. Comptes rendus 2. Paris; 8°.

Vimercati, Guido, Intorno alla prima idea delle caldaie tubolari. Firenze, 1873; 8°.

Woldřich, J., Eine Opferstätte der Urzeit bei Pulkau in Niederösterreich. Wien, 1873; 8°.

Wolf, Rudolf, Astronomische Mittheilungen. XXXI. 8°.

IX. SITZUNG VOM 20. MÄRZ 1873.

In Verhinderung des Generalsecretärs vertritt der Präsident dessen Stelle.

Die physikalisch-medicinische Societät in Erlangen dankt, mit Schreiben vom 14. März, für den mit ihr eingegangenen Schriftentausch.

Herr Prof. Dr. J. Gottlieb in Graz übersendet eine vorläufige Mittheilung seines Assistenten, Herrn Th. Morawski: „Über eine Isomere der Citronensäure."

Herr Prof. F. Lippich in Prag hinterlegt ein versiegeltes Schreiben zur Wahrung seiner Priorität mit dem Motto: *„Ainsi la matière pondérable n'est pas seule dans l'univers, ses particules nagent en quelque sorte au milieu d'un fluide.* Lamé".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia Olimpica di Vicenza: Atti. Secondo Semestre 1872. Vol. II. Vicenza; 8°.

Annalen der Chemie und Pharmacie von Wöhler, Liebig, Kopp, Erlenmeyer & Volhard, N. R. Band XC, Heft 1—2. Leipzig & Heidelberg, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. (Nebst Anzeigen-Blatt.) 11. Jahrg. Nr. 8. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1925—1927. (Bd. 81. 5.) Altona, 1873; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVI°, Nr. 181. Genève, Lausanne & Paris, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 9. Paris, 1873; 4°.

Gesellschaft, k. k. zoolog.-botan., in Wien: Verhandlungen. Jahrgang 1872. XXII. Band, 1.—4. Heft. Wien; 8°.

— Astronomische, in Leipzig: Vierteljahrsschrift. VIII. Jahrgang, 1. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 11. Wien, 1873; 4°.

Hinrichs, Gustavus, The School Laboratory of Physical Science. Vol. II., Nrs. 3 & 4. Iowa City, Iowa, 1873; 8°. — The Method of quantitative Induction in Physical Science. Daventport, Iowa, U. S.; 1872; 8°.

Institution, The Royal United Service, Whitehall Yard: Journal. Vol. XVI, Nr. LXVI. London, 1872; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXIX, Heft 1. Speyer, 1873; 8°.

Nature. Nr. 176, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Osservatorio, Reale, di Brera in Milano: Pubblicazioni. Nr. I. Sul grande commovimento atmosferico avvenuto il 1° di Agosto 1872 nella bassa Lombardia e nella Lomellina. Annotazioni di Giovanni Celoria. Milano, 1873; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger.“ IIe Année, 2e Série, Nr. 37. Paris, 1873; 4°.

Societät, physikalisch-medicinische, zu Erlangen: Verhandlungen. 1. & 2. Heft. Erlangen, 1867 & 1870; 8°.

Société Ethnographique: Mémoires. (Revue orientale. 2e Série.) Tome I, Nr. 1. Paris, 1867; 8°. — Revue Ethnographique. Nrs. 1—2. Janvier—Juin 1869. Paris; 8°. — Actes. Tome II. 13e—15e Livraisons (1867—1868); Tome VII, Nrs. 24—26. Déc. 1872 — Mars 1873. Paris; 8°.

Topsöe, Haldor, Krystallografisk-kemisk Undersøgelse over Platinets Dobbelthaloidsalte. I—IV. Kjøbenhavn, 1869—1870; 8°. — Om Forholdet mellem Sammensaetning, Krystalform og Vaegtfylde. I—IV. 8°. — Krystallografisk-kemiske Undersogelser over de selensure Salte. Kjøbenhavn, 1870; 8°. — Über die Darstellung der wässerigen Bromwasserstoffsäure. 8°. — Über die Hydrate der Platin-

säure und des platinsauren Barium. 8°. — Détermination des poids spécifiques et des volumes moléculaires de divers sels. 8°. — Nye Methoder til Bestemmelsen af Chlor, Brom og Jod sammen med Platin. 8°. — Krystallografisk-optiske Undersøgelser, med saerligt Hensyn til isomorfe Stoffer. Kjøbenhavn, 1873; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 11. Wien, 1873; 4°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

4.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

X. SITZUNG VOM 3. APRIL 1873.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die Stefan'schen Nebenringe am Newton'schen Farbenglas und einige verwandte Interferenzerscheinungen", von Herrn Prof. Dr. E. Mach in Prag.

„Beiträge zur Kenntniss des Wachsthums der Pflanzen" (Fortsetzung und Schluss), vom Herrn Prof. Franz Krašan in Krainburg, eingesendet durch Herrn Vice-Director K. Fritsch in Salzburg.

Drei Abhandlungen des Herrn Fr. Unferdinger, Prof. an der technischen Hochschule in Brünn, und zwar:

1. „Über einige mit Lim. $\frac{n}{\sqrt[n]{n!}} = e$ (für $n = \infty$) verwandte Limiten".

2. „Der mittlere Krümmungsradius und die mittlere Krümmung in einem bestimmten Punkt einer Fläche".

3. „Über die merkwürdigen Eigenschaften des Ausdruckes

$$z^n - \binom{m}{1}(z-1)^n + \binom{m}{2}(z-2)^n - \ldots + (-1)^m \binom{m}{m}(z-m)^n$$

und Anwendung derselben".

„Die Gewebe und Drüsen des Anneliden-Oesophagus", von Herrn Prof. V. Graber in Graz.

„*Passage de Vénus. Méthode pour obtenir photographiquement l'instant des contacts avec les circonstances physiques qu'ils présentent*", von Herrn J. Janssen, Mitglied der Académie des Sciences in Paris.

„Vorläufige Mittheilung über ein allgemeines Theorem zur Berechnung der Wirkung magnetisirender Spiralen", von Herrn Prof. Dr. Adalbert v. Waltenhofen in Prag.

„Vorläufige Mittheilung zur Lehre von der Structur der Spinalganglien und der peripherischen Nerven", vom Herrn Dr. Sigm. Mayer in Prag.

Diese beiden Mittheilungen sind für den Anzeiger bestimmt.

Herr Frank Calvert übersendet eine Nummer des „Levant Herald", enthaltend den von ihm gelieferten Nachweis über die Existenz des Menschen während der Miocänperiode.

Herr Hofrath Dr. E. Ritter v. Brücke überreicht eine in seinem physiologischen Institute durchgeführte Arbeit des Herrn Dr. Mich. Reich, betitelt: „Einige mikroskopische Studien mit Silbersalpeterlösung besonders an Gefässen des Auges und anderer Organe."

Herr Director Dr. J. Stefan übergibt eine vorläufige, für den Anzeiger bestimmte Anzeige einer neuen Arbeit „über die Dielektricitätsconstanten von Isolatoren", vom Herrn Prof. Dr. L. Boltzmann in Graz.

Der Secretär v. Schrötter legt Beobachtungen vor, die sich auf die von ihm vor längerer Zeit gemachte vorläufige Mittheilung seines Verfahrens der Bearbeitung der Tellurerze und die Abscheidung des Selens, die Fällung des Goldes durch organische Substanzen, die des Tellurs durch schwefelige Säure, und die Bildung von Schwefelsäure beim Verbrennen des Schwefels in der Luft beziehen.

Herr Dr. Heinrich Streintz legt eine Abhandlung vor: „Über die Änderungen der Elasticität und der Länge eines vom galvanischen Strome durchflossenen Drahtes".

Herr Custos Dr. A. Schrauf übergibt die V. Abtheilung seiner „Mineralogischen Beobachtungen".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Alpen-Verein, Deutscher und österreichischer: Zeitschrift. Jahrgang 1872. Heft 3. München, 1872; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 9—10. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1928—1930 (Bd. 81. 8—10.) Altona, 1873; 4°.

Berliner Astronomisches Jahrbuch für 1875 etc. Berlin, 1873; 8°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVIe Nrs. 182 —183. Genève, Lausanne, Paris, 1873; 8°.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1870, Nr. 7 & 8; Anno 1873, Nr. 1 & 2. Firenze; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 10—11. Paris, 1873; 4°.

Gesellschaft der Wissenschaften, k. böhmische, in Prag: Sitzungsberichte. 1873. Nr. 1. Prag; 8°.

— k. k. mähr.-schles., zur Beförderung des Ackerbaues, der Natur- und Landeskunde: Mittheilungen. 1872. LII. Jahrg. Brünn; 4°. — Notizen-Blatt der histor.-statist. Section. Vom 1. Jänner bis 1. December 1872. Brünn; 4°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 6. Wien, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrg. Nr. 12—13. Wien, 1873; 4°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VII, 1. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 6. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 6. Wien; 8.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 19. Band, 1873, III. Heft. Gotha; 4°.

Nachrichten über Industrie, Handel und Verkehr aus dem statistischen Departement im k. k. Handels-Ministerium. I. Band, III. Heft. Wien, 1873; 4°.

Nature. Nrs. 160—162, 177—178, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VIII, Nr. 1. Torino, 1873; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 4. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIe Année, 2e Série. Nrs. 38—39. Paris, 1873; 4°.

Société littéraire, scientifique et artistique d'Apt: Procès-verbaux des séances. 2e Série. Tome Ier. Bulletin des 6me, 7me et 8me Années. Apt, 1873; 8°.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIe Année, Nr. 11. Constantinople, 1873; 4°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XIXe 1872. Revue bibliographique D. Paris; 8°.

Society, The Asiatic, of Bengal: Journal. Part I, Nr. II. 1872; Part II, Nr. III. 1872. Calcutta; 8°. — Proceedings. Nr. IX. November, 1872. Calcutta; 8°. — *Bibliotheca Indica.* New Series. Nrs. 258—259, 261—262. Calcutta, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 12—13. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 3. Heft. Wien, 1873; 4°.

Einige mikroskopische Studien mit Silbersalpeterlösung besonders an Gefässen des Auges und anderer Organe.

Von Dr. **Michail Reich** aus Petersburg.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Wiener Universität.)

Bei mikroskopischen Untersuchungen an Gefässen und anderen Theilen des Auges und einiger anderen Organe hatte ich Gelegenheit die Versilberungsmethode eingehender zu studiren. Ich will im vorhinein bemerken, dass ich von ihr eine günstige Ansicht bekommen habe, vorausgesetzt, dass sie mit der gehörigen Vorsicht ausgeführt wird.

Im Jahre 1866 erklärte sich Federn[1] gegen ihre Brauchbarkeit, ohne dass seine Einwände bis jetzt widerlegt worden wären. Eberth[2] sagt zwar: „Das von Federn durch Silberbehandlung in und auf den Capillaren erzeugte Netz ist völlig verschieden von dem oben erwähnten und durch die Unregelmässigkeit seiner Maschen ausgezeichnet. Seine Bedeutung ist noch unklar".

Aber dem ist nicht so. Ich habe mich auf das Bestimmteste überzeugt, dass Federn dieselben Objecte vor sich hatte wie Eberth. Seine abweichende Deutung rührt einerseits von einem an sich berechtigten Skepticismus und anderseits von gewissen Nebenumständen her, die ich später besprechen werde.

Ich werde also die Federn'schen Einwände durchgehen und der Besprechung derselben meine eigenen Untersuchungsresultate anreihen.

---

[1] Untersuchungen über die Bedeutung der Silberzeichnungen an den Capillaren der Blutgefässe. Sitzungsb. d. Wien. Akad. d. Wiss. Bd. 53.

[1] In Stricker's Gewebelehre, pag. 202.

Bekanntlich beschreiben Klebs, Hoyer, Eberth, Auerbach, Äby, Chrzonczewsky, Legros den Bau der Gefässcapillarenwand als zellig. Bei Einspritzung von Silbersalpeterlösung wird dieselbe in kernhaltige Felder zerlegt, wobei sich eine Zwischensubstanz braun oder schwarz färbt, und es werden dadurch die den einzelnen Zellen entsprechenden Areale abgegrenzt.

Federn[1] unterwarf die bei Einspritzung von Silbersalpeter in den Gefässen entstehenden braunen Silberzeichnungen, deren mehr weniger regelmässige Bildung in der Capillarenwand ja wesentlich zum Beweise des Zellenbaues derselben beitragen soll, einer genaueren Untersuchung mit stärkeren Systemen und fand unter anderem die Thatsache, dass die braunen oder schwarzen Linien im Querschnitt nicht länglich — was wahrscheinlich zu sein schien, wenn sie von der Färbung einer zwischen den Zellen liegenden Kittsubstanz herrühren sollten — sondern drehrund sind.

Weiter fand er die Maschen des Silbernetzes in den Capillaren oft in dem Grade unregelmässig, die braunen Linien boten so complicirte Zeichnungen, an manchen Venen einen so verworrenen Plexus dar, dass es ihm unmöglich schien, dieselben im Sinne von Zellengrenzen aufzulösen.

Drittens gelang es ihm, eine Überkreuzungsstelle zweier braunen Linien zu sehen, an welcher er die eine nach der andern einstellen und sich dabei überzeugen konnte, dass dieselben ein und derselben Wand des Gefässes angehörten, was nicht sein dürfte, wenn die Linien zwischen Zellen lägen und dann also wie ein Kreuz aus einem Stück geschlagen erscheinen müssten.

Der letzte wichtige Umstand ist der, dass der Körper der braunen Fäden an den Capillaren zuweilen über die Wand der letzteren prominirt; an einem Präparate schien es, als ob der Gefässcontour unter dem Faden durchliefe.

Alle diese Thatsachen zusammengenommen hält Federn für einen Beweis, dass die braunen Linien nicht Zellengrenzen entsprechen und sagt (l. c. p. 472): „Wenn wir uns fragen, was bleibt von den Beweisen, welche für die mehrfach erwähnte Lehre

[1] L. c.

(Zellenbau der Capillaren) ins Feld geführt werden, übrig, so muss die Antwort lauten: Aus der Silbermethode gar keine".

Über die Natur dieser braunen Linien, welche nun nicht Zellengrenzen entsprechen sollen, gibt Federn keinen Aufschluss.

Bei meinen Untersuchungen gebrauchte ich gewöhnlich eine $^1/_4$- oder $^1/_6$-procentige Lösung von Silbernitrat in destillirtem Wasser. Bei $^1/_2$-procentiger Lösung wurden die Präparate zu bald sehr dunkel, bei schwächeren als die angeführten bekommt man nicht immer genügend klare Bilder. Vor der Injection der Silberlösung wurden durchaus immer die Gefässe durch einen Strom destillirten Wassers oder schwache ($^1/_8$—$^1/_4$-proc.) Salpeterlösung womöglich vollständig ausgewaschen. Blutreste können gewiss doch nur zu überflüssigen Bildern und zuweilen auch zu Missverständnissen Veranlassung geben (man bekommt in den Gefässen öfter unregelmässige braune Massen, zuweilen verführerische Silberniederschläge zwischen Blutkörperchen). Nach der Einspritzung, welche mit dem Hering'schen Apparate oder einer Handspritze — letzteres erweist sich bei einiger Übung auch vollkommen genügend — gemacht wurde, injicirte ich einige Minuten später eine warme Gelatinelösung (es ist sehr wichtig, dieselbe vorher mit Hilfe des Plantamour'schen Trichters zu filtriren, wenn man keine Verstopfungen in den feinsten Capillaren bekommen will), wodurch eine pralle Füllung der Gefässe erzielt wurde.

Die injicirten Objecte [das ganze Thier (Kaninchen, Hund, Katze, Frosch, Huhn) oder Theile derselben] wurden in Alkohol gelegt, dem Lichte ausgesetzt und untersucht. Wenn es nicht darauf ankam, durchaus bei praller Füllung der Gefässe zu untersuchen (z. B. bei Betrachtung der Chorioidalepithelien), wurde die Untersuchung auch in stark verdünntem Glycerin gemacht. Die Injection wurde, je nach den Theilen, welche hauptsächlich untersucht werden sollten, gemacht in die Carotis, Aorta, Mesenterica u. s. w.

Bei Untersuchung der Capillaren und grösseren Gefässe im Auge (Chorioidea, Retina vom Kaninchen, Hund, Huhn [Pecten], Katze), im Mesenterium, in den Lungen, wurde bei guten

Injectionen mit schön prall gefüllten Gefässen in der Mehrzahl der Präparate ein mehr weniger regelmässiges Silberbild erhalten und ich könnte nicht wenige abzeichnen, welche wirklich den von Eberth und anderen angeführten entsprechen. Bei praller Füllung eines Gefässes ist es natürlich sehr leicht, mit der grössten Sicherheit die obere oder untere Wand desselben einzustellen.

Allerdings war es, wenn die Injection mit Gelatine nicht volkommen gelungen war, sehr leicht Stellen aufzufinden, welche, was Unregelmässigkeit betrifft, ganz an die Federn'schen Abbildungen erinnerten[1].

Abgesehen davon, dass Federn durch den Zufall vorzugsweise auf solche Gefässe geführt worden zu sein scheint, welche besonders unregelmässige Bilder geben, finde ich den wesentlichen Grund für die Unregelmässigkeit und den anscheinend verworrenen Verlauf seiner Linien in dem Umstande, dass bei seinen Arbeiten die nachträgliche Ausspritzung mit Gelatine noch nicht geübt wurde.

Ich habe an prall gefüllten Gefässen immer gefunden, dass die anscheinend unregelmässigen Linien Felder von nahezu gleicher Grösse, in denen meist ein Kern liegt, vollständig einschliessen. Die Kerne dienen wesentlich zur Orientirung. Denkt man sich z. B. aus dem Silberbilde in den *Venae vorticosae* des Kaninchens die Zellenkerne weg, so ist es leicht, sich in dem braunen Silbernetze gänzlich zu verlieren.

Somit hätte von den obenangeführten Punkten die Unregelmässigkeit der Federn'schen Silberbilder nach dem Ebengesagten für das Beurtheilen, ob sie Zellengrenzen entsprächen d. h. zwischen Zellen lägen oder nicht, keine entscheidende Bedeutung.

---

[1] Aus einer unvollkommen injicirten Chorioidea eines Albino-Kaninchens bekam ich ein Präparat, in dem es auf den ersten Blick schien, als ob eine von den dunklen Silberlinien, welche ein ziemlich unregelmässiges Netz bildeten, von einem kleinen Gefässe frei ins Gewebe abging. Bei näherer Untersuchung vieler anderer Präparate erwies sich, dass solch ein Befund nur durch unvollkommene Injection, bei der die Lösung nicht ganz bis in die feinsten Capillaren gedrungen war, durch uncontinuirliche Färbung zu erklären sei.

Auch ich habe, und zwar an ganz tadellosen Präparaten, zwischen den grossen Feldern, die ich als Zellenareale bezeichne, sehr kleine gesehen, die ich nur unterbringen kann, indem ich sie als Schaltstücke auffasse. Ich gestehe, dass diese Bezeichnung keinen besonderen Werth hat, da ich nicht mit Bestimmtheit angeben kann, wie diese Schaltstücke zu Stande kommen, aber anderseits können sie mich nicht bestimmen, die gangbare Deutung der grossen Felder als Zellenareale zu verlassen, da an den verschiedenen Gefässen immer dieselben charakteristischen Formen erscheinen, so dass am gleichen Fundorte die Figuren, wenn sie auch oft sehr unregelmässig sind, doch an Grösse und Gestalt untereinander übereinstimmen und alle miteinander gemein haben, dass sie geschlossene Felder darstellen, innerhalb derer sich meistens ein Kern auffinden lässt.

Was die andere Thatsache betrifft, dass die braunen oder schwarzen Linien im Querschnitt an den Gefässcapillaren drehrund sind, so kann ich dieselbe vollkommen bestätigen.

Viele Male habe ich mich überzeugt, dass dieselben wirklich ganz oder annähernd drehrund sind, was für den ersten Augenblick befremdend sein könnte, und auch von Federn als ein wichtiger Befund gegen die Anerkennung dieser Linien als Zellengrenzen aufgefasst wurde.

Ich glaube indessen die Sache in anderer Weise auffassen zu müssen.

Es scheint mir folgender aus meinen Untersuchungen hervorgehender Befund nicht unwichtig zu sein. Wenn man diese braunen oder schwarzen Silberlinien auch anderer Orte, auch nicht an Capillaren, sondern z. B. an der Oberfläche des Mesenteriums, der Epithelschicht der Chorioidea des Albino-Kaninchens, dann weiter die wunderschönen Silberlinien der colossal breiten Venen derselben, die Silberlinien des Schwalbe'schen Endothelhäutchens des Perichorioidalraumes mit seinen elliptischen Kernen und andere mit Hartnack's Immersionsobjectiv 10 oder 15 untersucht, so ergibt es sich, an geeigneten Umbiegungsstellen untersucht, dass die obenerwähnten schwarzen Fäden überall denselben Charakter haben, überall einen annähernd drehrunden Querschnitt zeigen. Die Silberlinien der Capillaren und feinsten Gefässe unterscheiden sich also nicht von den

Silberlinien der angeführten Epithelhäute, was auch mit dafür sprechen muss, dass die Linien auch in den Capillaren Zellengrenzen entsprechen.

Aber Eins geht freilich aus Federn's Beobachtung hervor: man kann sich nicht schlechthin mit dem Ausdrucke „gefärbte oder versilberte Kittsubstanz" abfinden. Eine solche müsste in platten, lamellenartigen Schichten vorkommen. Hier hat offenbar jede Zelle, wenn man sie sich isolirt vorstellt, eine Halbrinne, die mit der correspondirenden der anderen einen drehrunden Canal bildet. In diesem mag eine feste Substanz liegen; aber man hat keinen bestimmten Grund, sie Kittsubstanz zu nennen, da man nicht weiss, ob die Zellen nicht auch abgesehen von ihr fest miteinander zusammenhängen. Es ist aber auch ebenso möglich, dass sich in dem Canale Flüssigkeit befindet, ja es hat dies eine gewisse Wahrscheinlichkeit.

Es ist bekannt, dass Silberlösungen, wie Lösungen anderer Salze, die mit Eiweissstoffen Niederschläge geben, sich zwar leicht in Flüssigkeiten verbreiten, sich aber schwer in die feste Substanz der Gewebe imbibiren, wahrscheinlich weil sie gleich an der Oberfläche durch die Berührung mit der organischen Substanz zersetzt werden. So sah ich auch in meinen Versuchen die Silberlösung in den Arterien in die Zwischenräume der Muskelfasern der Media eindringen, die Faserzellen selbst aber ungefärbt bleiben. So wäre es nun auch möglich, dass die Silberlösung den flüssigen Inhalt eines Canalsystemes zwischen den Epithelzellen färbt, die feste Substanz der Zellen aber noch ungefärbt lässt. Wir werden zwar später sehen, dass die gesilberte sogenannte Kittsubstanz sich von den Zellen in drahtartigen Stücken isoliren lässt; aber dies beweist nicht, dass sie im Leben fest war: sie kann fest geworden sein durch eine Gerinnung, die theils freiwillig, theils mittelst der Silberlösung zu Stande kam.

Es lag mir sehr daran, die Lage der Silberlinien oder Silberfäden in Rücksicht auf die Zellen mit grösserer Bestimmtheit als bisher festzustellen. Ich suchte deshalb dieselbe auf Querschnitten zu ermitteln, aber die Epithelzellen waren so dünn, dass die schwärzlichen Querschnitte unserer Fäden oft sowohl nach innen als auch nach aussen prominirten, ohne dass man sehen konnte wie sie zwischen den Zellen eingefügt waren. Ich spritzte

jetzt gesilberte Gefässe nachträglich mit Cacaobutter ein, präparirte sie heraus und bettete sie dann auch äusserlich in Cacaobutter ein. So konnte ich sehr dünne Querschnitte erlangen, die ich mit Äther von der anhängenden Cacaobutter befreite und sie dann in eine Lösung von kohlensaurem Natron brachte, um die Epithelzellen anquellen zu machen.

Obgleich dieselben bei weitem nicht so anschwollen, wie es Epidermiszellen thun, so konnte ich doch jetzt in unzweifelhafter Weise wahrnehmen, dass die Fäden in der Epithelialschicht lagen, weder nach innen auf derselben in blossen Rinnen, wie Auerbach und Schwalbe[1] meinen, noch äusserlich auf derselben. In zwei Fällen konnte ich mich auch überzeugen, dass die Zellen, wenn auch nur mit einem ganz dünnen Rande, nach innen zu über dem Silberfaden zusammenschlossen. Dass dies der Fall sei, dafür sprechen auch Schrägschnitte, bei welchen der Contour, der den gegen ihre innere Oberfläche hin durchschnittenen Epithelzellen entsprach, die Enden der abgeschnittenen Fäden überragte; freilich kann man hier einwenden, dass vielleicht die Fäden unter dem Messer abgebrochen und Stücke derselben ausgefallen seien. — Es ist mir nicht gelungen, zu ermitteln, ob die Fäden zwischen Halbrinnen der aneinanderstossenden Schmalseiten der Zellen eingeschlossen sind, oder ob die letzteren nach Art der Platten gewisser Metalldächer mit umgebogenen Rändern übereinandergreifen und dadurch die Rinnen erzeugen.

Da es sich nun mit Sicherheit herausstellt, dass die Linien nicht von einer blossen Kittsubstanz herrühren, so kann auch vielleicht das Vorkommen der Schaltstücke weniger auffallend erscheinen. Es wäre ja möglich, dass, wenn zwei Zellen einmal weiter übereinandergreifen, sowohl an dem Rande der einen, als an dem Rande der anderen eine vollständige Rinne entstände und dass hierdurch das scheinbare Schaltstück inselförmig abgegrenzt würde. Das Überschneiden von zwei Fäden in einer und derselben Wand der Capillaren, welches Federn beschreibt, habe ich trotz meiner andauernden Untersuchungen niemals ge-

[1] Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 6.

sehen. Sollte es in der That vorkommen, so würde dies nach unserer Auffassung der Dinge noch immer weniger unbegreiflich erscheinen, als nach derjenigen, welche die Silberlinien als eine gefärbte Kittsubstanz auffasst.

An den mit $^1/_4$- oder $^1/_6$-procentiger Silbersalpeterlösung injicirten *Venae vorticosae* des Albino-Kaninchenauges[1] bekommt man ein sehr hübsches Bild. Dasselbe stellt uns in der Flächenansicht das schönste Netz der schärfsten braunschwarzen Silberlinien dar; fast absolut in jeder Masche desselben sehen wir ohne jedes Färbemittel immer den Kern. An Präparaten, welche durch schwache Silberlösungen gewonnen sind, ist nichts gefärbt als diese Zwischenlinien.

Ich habe 24 Stunden nach der Silbereinspritzung eine Gelatinelösung, mit löslichem Berlinerblau gefärbt, injicirt; das reine unverdorbene Bild mit allen den Kernen bekam ich nun (nach Bearbeitung mit Alkohol und Terpentin) auf blauem Grunde[2].

An sehr dünnen Querschnitten und Schrägschnitten der Chorioidea hatte ich nun auch hier die wirklichen Querschnitte der Silberfäden in den hülsenartigen Venenwänden vor mir.

Die Untersuchung solcher Präparate mit Hartnack's Immersionssystem 10 ergibt Folgendes: die Querschnitte der Fäden sind drehrund, liegen in einer Linie mit der Zellenhaut, prominiren hie und da theils nach innen, theils nach aussen. Dieses Prominiren ist nicht überall zu sehen und nie ist es möglich zu sehen, dass die schwarzen Fäden den Zellen nur anliegen.

---

[1] Bei der injicirten Chorioidea bekommt man nicht, wie beim lange dauernden Eintauchen in Silberlösung, das Stroma unregelmässig (Schwalbe) gefärbt, sondern nur die Zeichnung in den Gefässen, oder noch, bei etwas starkem Drucke, die der beiden Chorioidaloberflächen. (Einigemale habe ich den Silberniederschlag auch zwischen den schöne Krystalle führenden Tapetumzellen der Katze gesehen.) Die in der Chorioidea liegenden sehr flachen und breiten *Venae vorticosae* haben sehr wenige und weit abstehende Muskelfasern und nur eine äusserst dünne Bindegewebshülle, so dass die Silberbilder denen der Capillaren an Klarheit durchaus nicht nachstehen.

[2] Die nachträgliche Injection mit löslichem Berlinerblau in Leim habe ich auch zwei, drei Stunden nach der Silberinjection gemacht, was auch ganz schöne Bilder gab. — Ich will hier hinzufügen, dass eine 24 Stunden nach dem Tode gemachte Silberinjection des Hundeauges auch gute Silberbilder gab.

Bei der äussersten Dünnheit der Endothelzellen ist es natürlich nicht ganz leicht, ein Präparat zu gewinnen, wo dieselben nur senkrecht stehen und wobei man den schwarzen Silberfaden nur genau zwischen zwei Zellen bekäme, ohne dass er etwas zu prominiren schiene. Oben wurde die Lage dieser Fäden an gequollenen Querschnitten grösserer Gefässe, deren Injection mit Cacaobutter möglich war, besprochen. Aber auch an diesen Querschnitten der *Venae vorticosae*, an denen die ganze Behandlung dem Quellen der Zellen gerade ungünstig war, sprach Alles zu Gunsten der intercellularen Lage der Fäden; auch hier lassen sich dieselben nicht abstreifen oder isoliren, ohne dass die Verbindung der Zellen aufgehoben wird. (Über weitere Isolirung der schwarzen Silberfäden s. weiter unten S. 95.)

Von der Oberfläche eines Froschmesenteriums, an dem der fadige Silberniederschlag nirgends anders zu finden war als in den Gefässen[1] und am Peritonealüberzuge, hatten sich einige von den äusserst platten, absolut ungefärbten Zellen (in denen Blauholzlösung schöne grosse Kerne zu Tage bringt) isolirt abgelöst. Bei Untersuchung derselben mit Hartnack's Immersionssystem 15 ergab sich, dass diese Zellen am Rande mit schwarzen drehrunden Fäden umsäumt waren. An einer Zelle, welche sich nahezu senkrecht gestellt hatte und flottirte, sah man den drehrunden Faden dem schmalen Rande aufliegen und einen Theil desselben als soliden Strang schwach bogenförmig in die umgebende Flüssigkeit hineinragen.

Man muss also auf Grund gemachter Auseinandersetzungen der Querschnittbilder an gesilberten Gefässen, ebenso wie auf Grund der weiter zu besprechenden Isolirung der Zwischenstränge des Chorioidalepithels und auch der isolirbaren Peritonealzellen mit den randständigen Silberfäden, annehmen, dass die schwar-

[1] Hiebei muss ich bemerken, dass ich im Mesenterium des Frosches und des Kaninchens an einigen Gefässen Silberlinien beobachtet habe, welche aussen, zuweilen ausserhalb der Muskelhaut, lagen. Diese Silberlinien waren, wie ich mich überzeugen konnte, ebenso angeordnet, wie z. B. die der bindegewebigen Scheide feiner Nervenbündel, und das Bild ist wohl als ein Gefässperithel (Eberth. Über die Blut- und Lymphgefässe des Gehirns und Rückenmarks. Virch. Arch. Bd. 49, p. 49) aufzufassen.

zen Silberfäden der Ausdruck einer geschwärten Substanz zwischen Zellen sind. Federn hatte dieselben Silberfäden vor sich; nur in der Deutung weiche ich von ihm ab.

Nehmen wir nun ausserdem noch in Betracht, dass die Arterien, Venen und Übergangsgefässe doch entschieden von einem Endothel ausgekleidet sind, dessen Zellen man leichter isoliren kann, die schwarzen Silberlinien zwischen denselben aus den Arterien durch Übergangsgefässe direct in die Capillaren übergehen, so bleibt uns — den immer gleichen Charakter der Silberfäden im Auge haltend — auch aus diesem Grunde nur übrig anzunnehmen, dass sie auch in den Capillaren den Grenzen von Zellen folgen. Dafür, dass die braunen oder schwarzen Silberlinien wirklich Zellengrenzen folgen, und nicht, wie Einige behaupten wollen, zufällige Bildungen sind, spricht ja auch noch der sehr wichtige Umstand, dass die Configuration der Maschen an verschiedenen Capillaren verschieden, aber an denen einer bestimmten Gegend immer und immer dieselbe ist, wie auch die Silberbehandlung sei. In den Capillaren und Übergangsgefässen des Mesenteriums des Frosches, des Kaninchens, finden wir in sehr lange Rhomben ausgezogene Felder mit Kernen, in den Capillaren des Pecten des Huhns immer ziemlich regelmässige polygonale Felder, in der Länge und Breite von nahezu gleichem Durchmesser; in denen der Froschlunge kehren immer und immer die charakteristischen gelappten Zellen mit den sehr grossen Kernen wieder; in den oben beschriebenen Venen des Auges die sehr (bis 0·2 Mm.) langen und nur 0·004—0·008 Mm. breiten, gezackten, oft an den Enden gelappten Felder (Zellen) mit ihren Kernen, u. s. w. Bei Wirbellosen[1] finden wir noch andere Charaktere der kernhaltigen Felder, aber immer kehren an demselben Orte ein und dieselben und nicht andere Zeichnungen wieder. Was die Kerne der Gefässendothelzellen betrifft, so werden dieselben durch die Silberbehandlung bekanntlich oft undeutlich, lassen sich aber doch nachweisen, sind in manchen Objecten (Froschlunge, Pecten) ohne jede Schwierigkeit zu finden und färben sich durch mit Alaun versetzte Blauholzlösung noch

[1] Eberth. Über den Bau und die Entwickelung der Blutcapillaren. Abth. II. Würzb. naturwiss. Zeitschr. Bd. 6.

besser als durch Carmin. Nach Eberth (l. c.) sind die Kerne in den Silberzeichnungen der Capillaren von *Helix pomatia, Anodonta intermedia* auch leicht zu finden, beim Krebs sehr selten, bei Würmern nie.

Bei der Untersuchung der verschiedensten Capillaren muss man aber doch zu dem Schlusse kommen, dass nicht alle derselben aus Zellen bestehen.

An den feinsten Capillaren der Augenhäute (Katze, Hund, Kaninchen, Frosch) ist, wie ich mich überzeugt habe, ein zelliger Bau wohl nicht nachzuweisen. Ich habe viele Augeninjectionen gemacht und dabei bemerkt, dass in den feinsten Capillaren gar keine oder nur äusserst wenige der uns bekannten Silberlinien entstehen, obgleich die Vollkommenheit der Injection auch durch diffuse bräunliche Silberfärbungen in vielen der Capillaren bewiesen wird. Die Angabe Eberth's [1], dass die Capillaren der Chorioidea und Retina des Hundes und der Katze, der Hyaloidea des Frosches, auch einen zelligen Bau zeigen, bezieht sich wohl nicht auf die feinsten derselben, nicht auf eigentliche Capillaren, nicht auf solche, in denen die Blutkörper nur in einfacher Reihe fortschreiten.

Überhaupt ist die Eintauchungsmethode für die Untersuchung der Silberbilder in den Gefässen nicht günstig, gibt oft sehr schlechte, unvollkommene Bilder und ist jedenfalls mit der Untersuchung nach Injectionen (nach Entfernung der Blutreste) nicht zu vergleichen.

In der Choriocapillaris (Kaninchen, Katze) konnte ich keine Zellenareale finden, die ja doch durch Silber an anderen Capillaren so klar und leicht nachzuweisen sind. Schwache Andeutungen von Silberlinien, die man in diesen Gefässen ausnahmsweise findet, halte ich nicht für massgebend.

In den Capillaren des Froschglaskörpers ist es mir, obgleich die Injectionen auch gewiss ganz gelungen waren, nie geglückt, charakteristische Silberlinien, Zellengrenzen zu sehen, sogar nicht die wenigen von Eberth angegebenen langgezogenen

---

[1] Über den Bau der Blutcapillaren der Wirbelthiere. Würzb. naturwissensch Zeitschr. Bd. 6.

und polygonalen Zellen. Arnold[1] konnte an den Glaskörpergefässen von Kalbsembryonen auch keinen zelligen Bau sehen. In den feinsten Capillaren der Retina des Hundes habe ich äusserst selten und wenige Silberlinien gesehen, sie schienen aber von derselben Art zu sein, wie die in Capillaren überhaupt.

In der Retina der Katze bekam ich in den feinsten Capillaren die schwarzen Grenzlinien, die in anderen ja so charakteristisch, so leicht und so scharf entstehen, nie.

In den Lebercapillaren des Kaninchens habe ich, wie Eberth, auch keine Silberzeichnungen bekommen, die auf Zellengrenzen hinwiesen. In der Milz bekam ich zu leicht diffuse Färbungen in der Milzpulpa, was wohl durch das Eindringen des Silbers in die intermediären Blutbahnen (W. Müller, Frey, Olga Stoff und Sophie Hasse[2]) zu erklären ist.

Der Äusserung Eberth's[3], dass pathologisch neugebildete Gefässe keinen Zellenbau zeigen, kann man nicht beistimmen. An Gefässen pathologisch-neugebildeter Membranen (bei künstlicher Peritonitis) hat Slaviansky[4] Silberzeichnungen wie in normalen gesehen.

Bei der Injection zweier pannösen Kaninchenaugen habe ich mich, wie Arnold (l. c.) überzeugt, dass auch die neugebildeten Gefässe der Cornea bis zu einem gewissen Caliber die charakteristische rhombische Silberzeichnung zeigen. An den jüngsten der letzteren war keine solche Zeichnung nachzuweisen.

Wir sehen also, dass man bei fortgesetzter Untersuchung immer noch zahlreiche Capillaren findet, an denen sich der zellige Bau nicht nachweisen lässt. Die Erklärung dieses zweifachen Charakters in sicheren Einklang mit den Lehren der Entwickelungsgeschichte zu bringen, ist bis jetzt unmöglich.

---

[1] J. Arnold. Experimentelle Untersuchungen über die Entwicklung der Blutcapillaren. Virch. Arch. Bd. 53 u. 54.

[2] Einige Notizen über die Circulationsverhältnisse der Milz. Von Olga Stoff und Sophie Hasse aus Petersburg. Centralbl. f. med. Wiss. 1872. N. 48.

[3] Stricker's Gewebelehre. p. 207.

[4] Медицинскій Вѣстникъ. 1867, Nr. 7 (Zeitschrift in russischer Sprache).

Die Erklärung von Arnold, dass sich die ursprünglich structurlose Wand durch Furchung des Protoplasma in Zellenterritorien zerklüfte, ist vielleicht richtig, aber doch noch hypothetisch.

Es muss auch die zweite Möglichkeit berücksichtigt werden, die, dass vielleicht die Epithelzellen aus den Gefässen, in denen sie bereits vorhanden sind, in die Capillaren früher oder später nach deren Bildung hineinwachsen, ähnlich wie die Epidermis sich über eine heilende Wundfläche verbreitet.

Jetzt einige Worte über die Silbersalpeterlösung als Mittel, Zellengrenzen zu erkennen.

Es ist bekannt, welch eine Reihe von kritischen Aufsätzen über die Silberwirkung erschienen ist. Die Arbeiten von Harpeck[1], Hartmann[2] und neuerdings Robinsky[3] zeigen wohl, dass man durch Silberbehandlung von thierischen Membranen zuweilen verschiedene der Organisation des Gewebes nicht entsprechende Bilder bekommt, beweisen aber doch keineswegs, dass man solche künstliche Fabricationen überhaupt nicht von natürlichen Bildern unterscheiden kann.

Es ist wohl nicht nöthig, alle diese Arbeiten zu wiederholen. Alle Einwendungen gegen den Silbergebrauch beruhen hauptsächlich darauf, dass man auf Glas, Collodium, serösen Oberflächen durch die Silberbehandlung Netzwerke bekommen kann, die denen in den Lymphgefässen, der Cornea u. s. w. täuschend ähnlich sind. Es sind diese Bilder aber wohl die gelungensten aus einer sehr grossen Anzahl gemachter Präparate und nur glücklichen Zufällen zu verdanken. Ich habe auch derartige Versuche gemacht, bin aber nie so glücklich gewesen — obgleich ich allen gegebenen Vorschriften genau folgte — derartige Prä-

---

[1] Über die Bedeutung der nach Silberimprägnation auftretenden weissen Lücken und spaltähnlichen Figuren der Cornea. Reichert's Arch. 1864, p. 222.

[2] Über die durch den Gebrauch der Höllensteinlösung künstlich dargestellten Lymphgefässanfänge, Saftcanälchen und epithelähnlichen Bildungen. Ibid. p. 235.

[3] Die Kittsubstanz auf Reaction des *Argentum nitricum*. Reichert's Arch. 1871.

parate zu bekommen. Allerdings aber gibt es einzelne Fälle, bei denen man in Zweifel bleibt.

Ich habe auf der vorderen Fläche der Netzhaut der Katze durch Silberlösung (1 : 600, 1 : 400) ein Netzwerk von Silberlinien bekommen, welches dem einst von Schelske[1] an der Netzhaut des Menschen beschriebenen ähnlich (aber mit kleineren Maschen [Katze]) ist. Obgleich nun dies Netzwerk vielleicht wirklich mit der Organisation der Limitans zusammenhängt, habe ich doch kein Recht, dasselbe mit Sicherheit auf die Structur derselben zu beziehen, — denn das Netzwerk hat nicht jedesmal absolut denselben Charakter.

Eine ganz neue Anschauung über die Silberwirkung hat neulich Robinsky[2] ausgesprochen, nämlich die, dass die Verdeutlichung, die Verdunklung der Epithelconturen nicht auf einem Niederschlage, sondern ganz einfach auf einer wirklichen Färbung der „Membranen" beruhe. Er behauptet, dass sich diese Färbung von dem Umfange der Zellen allmälig zum Centrum fortsetze und endlich die ganze Zelle gebräunt erscheine. Er spricht sich entschieden gegen jede Annahme irgend einer Kittsubstanz aus, — sei es im Sinne Recklinghausen's (Kittsubstanz zwischen Zellen und Muskelfasern) oder Schweigger-Seidel's (dünne Schichten eiweissartiger Substanz zwischen den mit den Rändern nicht verschmolzenen Zellen, die als Kitt wirken), oder Auerbach's (Silberniederschlag in den Furchen des Epithels), — und erklärt, dass das Silber Alles diffus färbt und somit als einfaches Färbemittel anzusehen sei.

Wir haben oben gesehen, dass man Präparate bekommt, an welchen man den Silberniederschlag absolut nirgends anders sieht, als zwischen den Endothelzellen oder Epithelzellen; die Zellen selbst bleiben sehr lange oder sogar für immer ungefärbt, so z. B. bei Injection des Albinoauges mit schwacher Lösung (1 : 600 — 1 : 400). Bei vorsichtiger Injection färbt sich keine einzige Zelle der Chorioideasubstanz.

---

[1] Über die *Membrana limitans* der menschlichen Netzhaut. Virch. Arch. Bd 28, 1863.

[2] L. c.

Dass sich bei Anwendung concentrirterer Lösungen, also grösserer Silbermassen, Alles färbt, ist allerdings richtig. Unsere verdünnten Lösungen aber färben nur das, worin sie sich leichter verbreiten oder wozu das salpetersaure Silber die grössere Verwandtschaft hat.

Man kann die geschwärzte Zwischensubstanz zwischen den Zellen isolirt bekommen. Ich verweise z. B. auf die oben erwähnten, mit dem Immersionssysteme 15 untersuchten Zellen vom Peritoneum des Frosches mit der die Ränder derselben umgebenden Zwischensubstanz, und auf das Verhalten der Endothelzellen der *Venae Vorticosae*, der Epithelzellen der Chorioidea des Albinokaninchens und der vor dem Tapetum der Katze liegenden gegen Silber. Bei Wirkung von Silberlösung auf diese Gebilde färbt sich entschieden zuerst die Substanz zwischen den Zellen; man erhält Präparate, in denen absolut nichts Anderes gefärbt ist, als diese Substanz, welche in Form scharf abgrenzender Fäden erscheint. Die Lage derselben ist oben auseinandergesetzt worden.

Nicht selten gelingt es, Präparate zu bekommen, in denen diese Zwischensubstanz stellenweise isolirt als Netz zurückbleibt, aus welchem die Zellen ganz oder theilweise herausgefallen sind; die schwarzen Fäden des Netzes mit regelmässigen sechseckigen Maschen (Chorioidea) hängen hier continuirlich mit denen zusammen, welche zwischen noch an Ort und Stelle liegenden Zellen laufen. [Die schwarzen Silberfäden liegen also wieder nicht auf der Oberfläche[1] (Schwalbe) des Epithels.]

Die isolirten Fäden sind drehrund im Querschnitt und mässig biegsam. Nie lassen sie sich von den noch zusammenhängen-

[1] An einer Chorioidea (von den 50—60 untersuchten) des Albinokaninchens bekam ich ein Bild, wo an sehr vielen Stellen nur die Randzonen der vorderen Fläche der Epithelzellen von einem feinen bräunlichen Niederschlag bedeckt waren, so dass beim ersten flüchtigen Blicke die Zellen als geschrumpft mit hellbraunen Zwischenräumen erschienen; man konnte sich aber leicht überzeugen, dass dieser Niederschlag auf den Zellen lag und bei etwas tieferer Einstellung sah man sehr deutlich die charakteristischen schwarzen Fäden zwischen den Zellen, — zwei sehr verschiedene Sachen. — Offenbar war das Object nach der Silberwirkung (in diesem Falle bei Eintauchung) schlecht abgewaschen und das Silber theilweise an den Zellen geblieben.

den Zellen ablösen, weil sie eben zwischen ihnen, nicht auf ihnen liegen.

In Fällen, wo sich die Zellen selbst färben (zu lange Wirkung, zu starke Silberlösung, besonders bei Eintauchung) kann man keinen allmäligen Übergang der Färbung beobachten; immer setzen sich die Intercellularfäden scharf gegen die lichtere, meist nicht gleichmässig, sondern in feinen Punkten, wie bestaubt, gefärbte Zelle ab.

XI. SITZUNG VOM 17. APRIL 1873.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die Abhängigkeit der täglichen Variation des Barometerstandes von der Rotation der Sonne", vom Herrn Director Dr. K. Hornstein in Prag.

„Über ein allgemeines Theorem zur Berechnung der Wirkung magnetisirender Spiralen", vom Herrn Prof. Dr. A. v. Waltenhofen in Prag.

„Über die Bessel'schen Functionen erster Art", vom Herrn Prof. L. Gegenbauer in Krems.

„Zur Frage über die Entstehung der Arten", vom Herrn F. Chlebik in Jaroslau.

Herr Dr. Karl Heitzmann legt eine Abhandlung: „Über den Bau des Protoplasmas" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei: Atti. Anno XXVI, Sess. 2da. Roma, 1873; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. December 1872. Berlin, 1873; 8°.

American Chemist. A. Monthly Journal of Theoretical, Analytical, and Technical Chemistry. Vol. III, Nr. 4. New York, 1872; 4°.

Annalen der Sternwarte in Leiden, herausgegeben von F. Kaiser. III. Band. Haag, 1872; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 11. Jahrgang, Nr. 11. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1931—1932. (Bd. 81. 11—12.) Altona, 1873; 4°.

Bierens de Haan, D., Notice sur Meindert Semeijns. Rome 1873; 4°.

Commission Météorologique de Lyon: Résumé des observations météorologiques faites à l'Observatoire de Lyon. 1870, 27e Année. Lyon; gr. 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 12—14. Paris, 1873; 4°.

Czyrniański, Emil, Chemische Theorie, auf der rotirenden Bewegung der Atome basirt. (Vierte vermehrte Auflage.) Krakau, 1873; 8°.

Gesellschaft der Wissenschaften, Oberlausitzische: Neues Lausitzisches Magazin. XLIX. Band, 2. Hälfte. Görlitz, 1872; 8°.

— geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVI (neuer Folge VI), Nr. 2. Wien, 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 14—15. Wien, 1873; 4°.

Isis: Sitzungsberichte. Jahrgang 1872, Nr. 10—12. Dresden, 1873; 8°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo II°, Serie IV^a, Disp. 3^a & 4^a. Venezia, 1872—73; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 7. Graz, 1873; 4°.

Lotos. XXIII. Jahrgang. Jänner—März 1873. Prag; 8°.

Mittheilungen des k. k. technischen und administrativen Militär-Comité. Jahrgang 1873, 2. Heft. Wien; 8°.

Moniteur scientifique du Docteur Quesneville. 17e Année, 3e Série, Tome III. 376e Livraison. Paris, 1873; 4°.

Müller, Friedrich, Allgemeine Ethnographie. Wien, 1873; 8°.

Nature. Nrs. 179—180. Vol. VII. London, 1873; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 5. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire", et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIe Année, 2e Série, Nrs. 40—41. Paris, 1872; 4°.

Società de Spettroscopisti Italiani: Memorie. Vol. I. Anno 1872; Vol. II. Anno 1873, Disp. 1^a. Palermo; 4°.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou: Bulletin. Année 1872. Nr. 4. Moscou, 1873; 8°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XIXe 1872. Comptes rendus des séances 3. Paris; 8°.

Society, The Royal Geographical, of London: Proceedings. Vol. XVI, Nr. 5; Vol. XVII, Nr. 1. London, 1872 & 1873; 8°.

Verein für Landeskunde von Niederösterreich: Blätter. VI. Jahrgang. 1872, Nr. 1—12. 8°. — Topographie von Niederösterreich. IV. Heft. Wien, 1872; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 14—15. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift des oesterr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 4. Heft. Wien, 1873; 4°.

Untersuchungen über das Protoplasma.

Von **C. Heitzmann.**

I. Bau des Protoplasmas.

(Mit 7 Holzschnitten.)

Amoeben. Betrachtet man bei starken Vergrösserungen eine in träger Ortsveränderung begriffene Amoebe aus einer Infusion [1], so sieht man Folgendes:

Im Leibe der Amoebe eingebettet liegt ein runder, homogener, mattgrauer Kern. Derselbe ist umgeben von einem schmalen, hellen Saume, und dieser Saum ist am ganzen Umfange des Kernes durchbrochen von sehr zarten, häufig nur in unterbrochenen Zeiträumen deutlich sichtbaren grauen Fäden, deren viele konisch erscheinen, mit je einer vom Kerne ausgehenden Basis und einer gegen die Periferie des Amoebenleibes gerichteten Spitze. Je eine Fadenspitze senkt sich in je eines der grauen Körnchen ein, welche in dem Leibe vertheilt sind. Viele Körnchen stehen mit ihren Nachbarn wieder durch Fädchen in Verbindung, so dass der Amoebenleib den Eindruck macht, als wäre er von einem äusserst zarten Netzwerke durchflochten, dessen Knotenpunkte zu Körnchen verdickt sind. Der

---

[1] Ich habe die Infusion bereitet, indem ich schwarze Erde und frische Pflanzentheile mit filtrirtem Donauwasser in einem flachen Teller übergoss und in Zimmertemperatur stehen liess. Der vom Ufer dieses Tümpels abgeschabte Niederschlag enthielt vom 3. Tage der Infusion angefangen kriechende Amoeben, in von Tag zu Tag sich steigernder Menge. Nachdem ich am Ende der 2. oder 3. Woche die Pflanzentheile entfernt hatte, nahm die Zahl der kriechenden Amoeben allmälig wieder ab. Zu den hier geschilderten Untersuchungen standen mir zwei vortreffliche Tauchlinsen zu Gebote; eine Nr. 10 von Vérick, einem Schüler Hartnack's und eine Nr. 15 von Hartnack. Die Dinge, welche ich beschreibe, sind übrigens wahre Prüfsteine für die Güte von Tauchlinsen.

Randcontour des Amoebenleibes ist eine, für meine Vergrösserungen noch ununterbrochen aussehende, dünne Lage einer schwach glänzenden Substanz, in welche die Fädchen der am meisten peripher liegenden Körner einmünden.

An einzelnen Amoeben kann man während der Locomotion Folgendes beobachten.[1]

Man erkennt, dass an einem mehr centralen, also dem Kerne näheren Theile des Leibes die Körnchen einander näher rücken, etwas grösser werden, und dass zwischen ihnen etwa vorhandene fremde Körper festgehalten werden. Gleichzeitig beginnt an der, dem zusammengeschobenen Abschnitte entsprechenden Periferie des Leibes ein Vorwölben eines blassen Buckels, in welchem anfangs noch ein zartes Maschenwerk erkennbar ist. Je mehr sich nun der Buckel vorwölbt und je mehr er sich an seiner Unterlage abflacht, um so mehr entschwindet dem Auge das Maschenwerk, bis schliesslich die helle, flache Scheibe structurlos erscheint. Jetzt folgt ein Augenblick, in welchem die fremden Körper in die helle Scheibe stürzen; hierauf folgt ein Fliessen der Körner des Protoplasmas,[2] wobei der Leib sammt dem Kerne an die nunmehr wieder netzförmig aussehende, vorgeschobene Partie herangezogen wird — die Locomotion ist vollbracht.

An mehr als 1 Woche alten Infusionen findet man fast in jedem Amoebenleibe verschieden zahlreiche gröbere, glänzende Körner. Der Kern einer — um kurz zu sein, will ich sagen, älteren — Amoebe erscheint häufig nicht mehr homogen, sondern von einem oder mehreren kleinen Hohlräumen, Vacuolen, durchbrochen. Solche Vacuolen treten häufig auch im Amoebenleibe auf, und man erkennt, dass jede Vacuole gegen

---

[1] Besonders günstig für dieses Studium sind Amoeben, die eine gewisse Menge fremder Körper enthalten. Der Wassertropfen darf nicht zu gross genommen werden, denn eine schwimmende Amoebe führt zwar Bewegungen aus, verändert jedoch nicht ihren Ort. Das Kriechen beginnt erst, wenn die Amoebe bei wenig Wasser die Oberfläche des Deckgläschens oder des Objectträgers gefunden hat.

[2] Das Fliessen der Körner hat an dem gleichen Objecte schon W. Kühne beobachtet. S. dessen „Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität.“ Leipzig 1864.

das angrenzende Netzwerk hin von einer, bei den genannten Vergrösserungen wieder continuirlich aussehenden Lage einer glänzenden Substanz begrenzt wird. Häufig fliessen zwei Vacuolen zusammen, indem die in Rede stehende dünne Lage zwischen ihnen durchbricht, anfangs dadurch eine sanduhrförmige Einschnürung bedingt wird, mit deren Schwinden eine gemeinsame Höhle hergestellt ist.

Die Vacuolen verschwinden zuweilen wieder, in der Regel mit Einem Rucke, und dann ist an Stelle der Vacuole das Netzwerk, wie im übrigen Leibe vorhanden. Bisweilen sieht man in der Vacuole ein oder mehrere Körnchen in schwingender Bewegung.

Wenn ich dem Präparate am Rande des Deckgläschens einen Tropfen Glycerin zusetze, so ballt sich jede Amoebe in dem Augenblicke, in welchem sie mit dem Glycerin in Berührung kommt, sofort zu einem homogenen, gelblichen, stark glänzenden und unbeweglichen Klümpchen zusammen. Ab und zu kann man in einem solchen Klümpchen eine kleine Vacuole erkennen. Einzelne Klümpchen verharren in der geschilderten Form; die meisten kehren aber nach wenigen Minuten in den granulirten Zustand allmälig zurück, wobei sie an Umfang wieder zunehmen, häufig die Kugelform annehmen und wieder je einen Kern aufweisen. Nunmehr bleibt die Amoebe unbeweglich.

An noch älteren Infusionen kamen auch Amoeben zum Vorschein, welche sich durch Grösse, Trägheit der Ortsveränderung und die Eigenschaft, radiäre, helle Fortsätze auszusenden, auszeichneten. Diese Amoeben waren gegen die Einwirkung von destillirtem Wasser besonders empfindlich.

Nachdem ich an einen Rand des Deckgläschens einen Tropfen destillirten Wassers gesetzt, und am entgegengesetzten Rande das Tümpelwasser vorsichtig wegdrainirt hatte, geschah Folgendes:

Es wurden statt der langen radiären, breite und kurze Buckel vorgeschoben, nach und nach die ersteren eingezogen, und jede Locomotion war damit zu Ende. Die Amoebe nahm allmälig eine stumpf polygone Gestalt an. In ihrem Leibe tauchten anfangs kleine, dann immer grössere Vacuolen auf; der Kern wurde undeutlich und entschwand später dem Auge. Die

Körnchen des Netzwerkes bewegten sich an kleinen Strecken ruckweise, so dass sie sich zu grösseren Gruppen zusammenballten; ausser diesen kamen andere Körnchen zum Vorschein, welche innerhalb grösserer Maschenräume herumflottirten. Je grösser die Zahl dieser frei schwimmenden Körnchen ward, desto mehr näherte sich der ganze Amoebenleib der Kugelform. Gleichzeitig verschmolzen viele kleinere Vacuolen zu einer gemeinsamen grossen, welche an die Periferie des kugeligen Leibes rückte, und hier eine kugelige Vorwölbung erzeugte. Die letztere Kugel erschien von einer continuirlichen, glänzenden Substanz abgeschlossen, gleich der Amoebenkugel selbst. Innerhalb der Vacuole schwärmten kleine Körnchen lebhaft herum.

Die ruckweisen Bewegungen der zusammenhängenden Körnchen hatten mittlerweile aufgehört; die Zahl der flottirenden dagegen wesentlich zugenommen.

Die Schilderung der Geschehnisse nach Wasserzusatz rührt von Einer Amoebe her; Ähnliches geschah aber unter gleichen Bedingungen mit allen untersuchten Amoeben der genannten Form.

Blutkörper des Flusskrebses. In einem Tropfen Blutes, welcher von der abgebrochenen Gliedmasse eines lebenden, frischen Astacus auf den Objectträger gebracht, und mit einem, an den Rändern sorgfältig eingeölten Deckgläschen bedeckt wird, sieht man die von E. Häckel[1] als amöboid erkannten Blutkörper schon bei mässig starken Vergrösserungen. Es fallen zweierlei Arten solcher Blutkörper in die Augen: erstens blasse, feinkörnige, mit je einem grossen, blassen, oder einem kleineren, grobkörnigen Kern; zweitens mit groben, gelblichen, stark glänzenden Körnern versehene. Die Körner der letzteren sind in der Regel um je einen helleren, unregelmässig begrenzten, spärliche Körner zeigenden Hohlraum herum gelagert.

Betrachtet man bei gewöhnlicher Zimmertemperatur einen blassen Körper mit stärkeren Vergrösserungen, so erkennt man in trägem Formwechsel begriffene, helle, mannigfaltig gestaltete Fortsätze, welche bei fortwährendem Wechsel der Gruppirung der zarten Körnchen des Protoplasmas von der Periferie des

[1] Über die Gewebe des Flusskrebses. Müller's Archiv, 1857.

gesammten Körpers ausgetrieben werden. Die Gruppirung der Körnchen erfolgt an wechselnden Stellen so, dass dieselben einmal discret, dann in Haufen zusammengeballt, und wieder in ein zartes Netzwerk umgewandelt erscheinen.

Betrachtet man bei hoher Vergrösserung einen grobkörnigen Körper, so kann man fast an jedem derselben im Laufe von einer halben, bis 1 Stunde Folgendes beobachten. Jedes einzelne Korn stellt anfangs einen kugeligen, gelblichen, stark glänzenden Körper dar, welcher von seinen Nachbarkörnern durch einen schmalen, hellen Saum getrennt erscheint, und in diesem Saume erkennt man, wenn auch nur undeutlich, zarte Speichen, welche je ein Korn mit allen seinen Nachbarn verbinden. Jedes Korn verändert ununterbrochen seine Lage und zwar um so deutlicher, in je grösseren Entfernungen von einander die einzelnen Körner liegen. Gleichzeitig treten an der Periferie des granulirten Blutkörpers an wechselnden Stellen hyaline Buckel auf.

In kurzer Zeit verflacht sich nun jedes einzelne Korn derart, dass es napfförmig wird, und sich der Form seiner Nachbarkörner anschmiegt. Jetzt sind die die Körner mit einander verbindenden grauen Speichen innerhalb der hellen Säume deutlich sichtbar. Der Umfang des gesammten Körpers wird während dieser Veränderungen merklich grösser.

In weiterer Folge treten fast in jedem einzelnen Korn je eine centrale oder zwei excentrische Vacuolen auf, wodurch das Korn zu einer einfachen oder Doppelschale, im optischen Durchschnitte zu einem gelb glänzenden einfachen oder Doppelringe umgewandelt wird. Man sieht hierauf, wie zwei oder mehrere hohl gewordene Körner mit einander ruckweise zusammenfliessen, und sich ruckweise zu einem sehr zarten Maschenwerke umwandeln, so dass an Stellen, wo früher grobe Körner in dichter Anhäufung lagen, jetzt blasses, feinkörniges Protoplasma aufgetaucht ist.

Während der Blutkörper zu einem blassen, immer weniger rundliche Körner enthaltenden Klümpchen umgestaltet wird, erscheint in demselben ein, von einer relativ dicken, an ihrer Aussenfläche zackigen Schale der glänzenden Substanz umschlossener, hohler Körper, dessen Inneres etliche gröbere Kör-

ner und ein sehr engmaschiges Netzwerk aufweist. Man kann nach dem Sprachgebrauche diesen Körper als Kern bezeichnen.

Die aus grobkörnigen hervorgegangenen blassen Protoplasmakörper verändern ihre Form eine Zeit lang immer noch; der Kern und dessen Körner (Kernkörperchen) hingegen ändern ihre Gestalt von dem Augenblicke an, als sie deutlich sichtbar wurden, nicht mehr.

Ich habe einem frischen Blutpräparate Goldchlorid in $^1/_2$ % Lösung zugeführt, welches die Blutflüssigkeit zu einem feinkörnigen Coagulum erstarren machte. Die blassen Protoplasmakörper wurden kugelig; die grobkörnigen dagegen in zart genetzte, vielgestaltige, von einer continuirlich aussehenden Schicht begrenzte Körper umgewandelt. In den Körpern beiderlei Arten blieben die Kerne als relativ grobkörnige und grob genetzte Klümpchen erhalten.

Nachdem ich die Goldlösung nach etwa 1 Stunde mit Essigwasser wegdrainirt und das Präparat vorsichtig dem Tageslichte ausgesetzt hatte, wurde die gelbe, glänzende Substanz, welche im Protoplasmakörper und dessen Kerne das zarte Netzwerk erzeugte, deutlich violett; während die in den Maschenräumen enthaltene helle Substanz ungefärbt blieb.[1]

Blut vom Triton. Bringt man einen Tropfen Blut vom Triton auf den Objectträger und bedeckt das Object mit einem, an den Rändern eingeölten Deckgläschen, so kann man bekanntlich bei gewöhnlicher Zimmertemperatur die Bewegungen der farblosen Blutkörper Stunden lang beobachten. Die Formveränderung derselben erfolgt durch Austreiben heller Lappen und körniger Fortsätze von verschiedener Dicke und von bisweilen beträchtlicher Länge, aus der Periferie des Protoplasmakörpers.

---

[1] Nach N. Lieberkühn (Über Bewegungserscheinungen der Zellen. 1870) befindet sich an manchen Exemplaren der Blutkörper vieler Raupen (Bärenraupe, chinesische Seidenraupe) zwischen der contractilen Schicht und dem Kern ein mit schwach lichtbrechender Flüssigkeit erfüllter Raum, durch welche Fäden von der Innenfläche der contractilen Schicht auf den Kern ziehen.

Viele feinkörnige Körper lassen in ihrem Innern ein fortwährendes Schwanken in der Gruppirung der Körnchen erkennen; häufig, zumal nach Zusatz von ½% Kochsalzlösung, bilden sich in ihrem Leibe, während sie Ortsveränderungen ausführen, Vacuolen verschiedener Grösse, und an manchen Vacuolen kann man sich überzeugen, dass die Innenfläche ihrer Wand mit vielen, unregelmässigen, wie gerissenen Zacken besetzt ist, welche in den Hohlraum frei hineinragen.

Es gibt Momente, in welchen der ganze Leib einen zierlichen, von Vacuolen durchbrochenen Körper darstellt. Die kleinsten, noch als solche definirbaren Vacuolen bilden den Übergang zu noch kleineren Maschenräumen, deren Netzwerk als Knotenpunkte blasse, graue Körnchen besitzt.

In frischem Blute habe ich an einzelnen grobkörnigen farblosen Blutkörpern die von je einem Körnchen ausgehenden Fäden deutlich gesehen. An Blutkörpern dieser Art gewann ich mit Hilfe der Tauchlinse 15 die Überzeugung, dass während der Locomotion des Gesammtkörpers die einzelnen Körnchen sowohl ihre Grösse und Gestalt, wie auch das gegenseitige Lagerungsverhältniss fortwährend wechseln.

Ich will hier noch einige Beobachtungen anschliessen, welche ich an Formbestandtheilen des Blutes von Tritonen, die überwintert hatten, machte. Die Kerne vieler rothen Blutkörper waren bisweilen sofort nach Anfertigung des Präparates sichtbar, oder sie wurden es, nachdem das Blut einige Zeit am Objectträger eingeschlossen gelegen hatte.

Jeder Kern zeigt eine Anzahl gröberer, stark glänzender Körner, von denen einzelne Fädchen erkennen lassen, die zu den Nachbarkörnern ziehen. Der Kern ist von einer continuirlich aussehenden Lage einer Substanz umrandet, welche dieselbe Lichtbrechung und Farbe besitzt, wie die Körnchen. Häufig erkennt man um den Kern herum einen sehr schmalen, hellen Saum, und bisweilen stellt sich dieser Saum von feinen, radiären Strichelchen durchzogen dar, welche im gefärbten Theile des Blutkörpers verschwinden.

Zahlreich liegen im Präparate freie Körper von gleichem Aussehen, wie die in den rothen Blutkörpern eingeschlossenen Kerne. Viele derselben zeigen eine zackige, mit unregelmässigen,

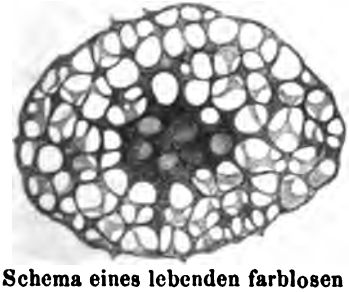
wie abgerissenen Fädchen besetzte Oberfläche. Dann kommen vereinzelt runde Körper vor, welche die Grösse der Kerne um ein Mehrfaches übersteigen und gleich diesen grobkörnig und mit einer Schale versehen sind.

An keinem dieser Gebilde habe ich bei gewöhnlicher Zimmertemperatur active Bewegungserscheinungen beobachtet.

Farblose Blutkörper des Menschen. Ich habe mein eigenes, feinen Stichöffnungen am Daumenballen entnommenes Blut auf den heizbaren Objectträger gebracht. Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur liessen die glänzenden farblosen Blutkörper keine Structur erkennen. Als aber die Temperatur des Präparates bei sehr allmäliger Erwärmung etwa bei 30° C. angelangt war, tauchte an farblosen Körpern — ich spreche hier von den sogenannten „fein granulirten“ — welche in einem, von rothen Blutkörpern umsäumten Plasma-See lagen, constant das folgende Bild auf.

Im Centrum des Klümpchens werden ein oder zwei matt graue, opake, homogene Körper sichtbar. Von jedem dieser Körper gehen radiäre, konische Speichen aus, die sich in den Nachbarkörper einsenken, und wo sie gegen die Periferie des Klümpchens hin gerichtet sind, in ein Maschenwerk übergehen, welches den ganzen Leib des Klümpchens durchsetzt, und dessen Knotenpunkte als leichte Verdickungen oder Körnchen erscheinen. Das Maschenwerk ist an der Periferie des Klümpchens wieder von einer scheinbar continuirlichen, matt glänzenden Schicht abgeschlossen. Der centrale Körper, die Speichen und deren Verdickungen zeigen ein völlig gleiches optisches Verhalten; die Maschenräume hingegen machen den Eindruck heller, structurloser Felder (Figur 1).

Fig. 1.



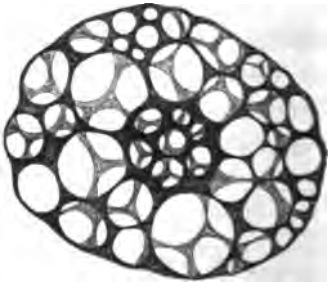
Schema eines lebenden farblosen Blutkörpers.

Während die Temperatur des Präparates allmälig gegen 35° C. ansteigt, erfolgen fortwährend Formveränderungen sowohl im centralen Körper, wie auch im Maschenwerke des Klümpchens, bei gleichzeitigen Formveränderungen des letzteren. Der cen-

trale Körper wird an wechselnden Strecken zu einem Maschenwerke umgewandelt. Im übrigen Protoplasma entstehen ab und zu dichtere Gruppen von Körnchen, in welchen keine oder nur sehr enge Maschenräume sichtbar sind. Die Gruppen lösen sich wieder, machen neuen Platz, und dieses Spiel wiederholt sich immer fort, selbst wenn man die Temperatur wieder sinken lässt.

An einem farblosen Blutkörper (Temp. auf 23·5° C. gesunken) trat eine Vacuole auf, in welcher ein losgerissenes Körnchen schwach pendelnde Bewegungen ausführte. Ich konnte beobachten, dass das Körnchen seine Form veränderte, dass am Umfange desselben ab und zu dünne Fädchen auftauchten und wieder verschwanden. Einmal schien es, als ob 3 besonders lange Fäden vorgestreckt würden, so lang, dass sie an die Wand der Vacuole heranreichten. Sofort verschwand die Vacuole mit einem Rucke. Später erschien fast an derselben Stelle neuerdings eine Vacuole, wieder ein Körnchen enthaltend. Diese Vacuole wurde aber biscuitförmig und vergrösserte sich durch Zerreissung der Zwischenwand einer Nachbar-Vacuole. Noch etwas später war der ganze Blutkörper allmälig in ein vacuolenhältiges Klümpchen umgewandelt, welches seine Form noch immer, wenn auch sehr träge, veränderte (Fig. 2).

Fig. 2.

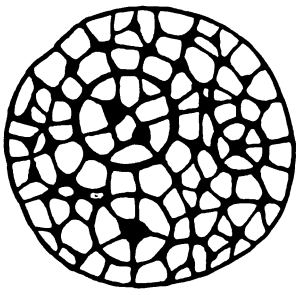


Schema eines von Vacuolen durchsetzten Blutkörpers.

Häufig tauchte im Leibe eines Blutkörpers bei ansteigender Temperatur (vor 30° C.) ein kleiner, dunkel contourirter blasenartiger Kern auf, in welchem constant ein oder zwei Kernkörperchen lagen. Derlei Kerne wurden bei Erhöhung der Temperatur an mehreren Stellen des Klümpchens sichtbar; sie entstanden unter meinem Auge aus matt grauen, compacten Körpern ohne dunklen Contour. Neben grösseren, dunkel contourirten Kernen (bis 4 an der Zahl) fand ich im Protoplasma eine wechselnde Anzahl kleinerer.

Die in je einem dunkel contourirten Kerne gelegenen Kernkörperchen besitzen feine, radiäre Speichen, die sich in den Randcontour des Kernes einsenken. Vom Randcontour, welcher nach aussen stets von einem hellen Saume umgeben ist, gehen wieder zahlreiche Speichen aus, welche in ein, das ganze Klümpchen durchsetzendes Maschenwerk einmünden (Fig. 3).

Fig. 3.



Schema eines todten Blutkörpers.

Blutkörper, in welchen die beschriebenen Kerne auftraten, veränderten, auch wenn man die Temperatur bis 35° C. erhöhte, ihre Form nicht wesentlich; nur kam an der Periferie des Klümpchens ab und zu ein hyaliner Buckel oder Lappen zum Vorschein, welcher sich sehr allmälig vergrösserte. In einem solchen Buckel war nie eine Structur sichtbar; wohl aber tauchten in demselben manchmal sehr kleine Vacuolen auf, die stets von einer etwas dichteren, schwach glänzenden Substanz begrenzt erschienen.

Colostrum-Körper. Das Colostrum besitzt bekanntlich in verschiedener Menge zuweilen Fetttröpfchen enthaltende Protoplasma-Klümpchen, welche, wie S. Stricker[1] nachgewiesen hat, bei Erhöhung der Temperatur bis auf 40° C., ihre Form und ihren Ort verändern, die also leben. Betrachtet man ein beliebig kleines blasses, bei schwachen Vergrösserungen structurlos erscheinendes Klümpchen mit der Tauchlinse 15, so wird in jedem derselben, auch wenn in ihm kein Kern nachweislich ist, ein Maschenwerk sichtbar, völlig ähnlich dem der farblosen Blutkörper. Die Knotenpunkte des Maschenwerkes sind von Körnchen gebildet, die einmal sehr klein und matt grau erscheinen; ein anderes Mal grösser und glänzend sind; ein drittes Mal schon den eigenthümlichen Fettglanz besitzen, mit dem übrigen

[1] „Über contractile Körper in der Milch der Wöchnerin." Sitzungsber. der Wiener Akad. d. Wissensch. 1866.

Leibe des Klümpchens jedoch durch einzelne, feine Fäden zusammenhängen. Etwas grössere Fetttropfen liegen augenscheinlich isolirt in Maschenräumen. Wir wissen übrigens durch den genannten Forscher, dass einzelne Fetttropfen während der Contractionen des Protoplasmas aus dem letzteren ausgestossen werden können.

Ich habe eine Reihe von Befunden neben einander gestellt, Dinge, die Jeder sehen kann, der ein geübtes Auge besitzt und es mit einer guten Linse bewaffnet. Ich gehe nun daran, aus meinen Beobachtungen Schlüsse zu ziehen.

Zunächst ergibt sich, dass ein von E. Brücke[1] an den Speichel- und von S. Stricker[2] an den farblosen Blutkörpern erschlossenes, aber nicht geschenes Maschenwerk im Protoplasma wirklich zu sehen ist. Das Protoplasma erscheint also nicht structurlos; es besitzt vielmehr eine sichtbare netzförmige Structur, und die Körnchen sind keine Fremdlinge, sondern gehören dem lebenden Protoplasma an; sie sind eben die Knotenpunkte des Netzwerkes.

Das Kernkörperchen, der Kern, die Körnchen mit ihren Fädchen sind die eigentlich lebendige, contractile Materie. Diese feste Materie ist eingelagert und aufgespannt in einer nicht lebendigen, nicht contractilen Flüssigkeit. Mit anderen Worten: die contractile Materie enthält in Maschenräumen und umschliesst als Schale eine nicht contractile, flüssige Materie, welch letztere aber, wie die Diffusions-Erscheinungen beweisen, nicht reines Wasser sein kann.

Gehen wir vom Ruhezustande des Protoplasmas aus, wie dieser sich in einem eben abgestorbenen farblosen Blut-

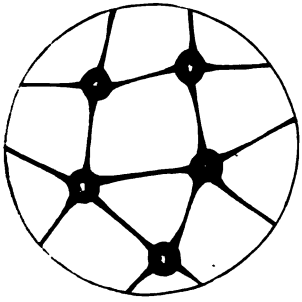
---

[1] „Über die sog. Molecularbewegung in thierischen Zellen, insonderheit in den Speichelkörperchen.“ Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. 1863.

[2] „Untersuchungen über das Leben der farblosen Blutkörperchen des Menschen.“ Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. 1867.

körperchen darstellt, so können wir jedes Körnchen als einen Centraltheil der contractilen Substanz auffassen, welcher durch schmale Brücken der gleichnamigen Substanz mit seinen Nachbarn zusammenhängt (Fig. 4).

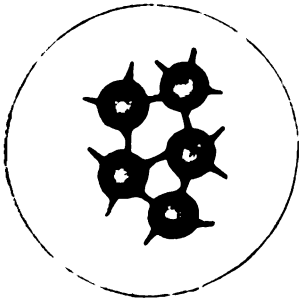
Fig. 4.



Schema der Ruhe.

Die Contraction beruht zunächst auf einem Grösserwerden der Körner und einem Näherrücken derselben zu einander. Die Fäden werden dabei augenscheinlich kürzer zu Gunsten der Körnchen (Fig. 5).

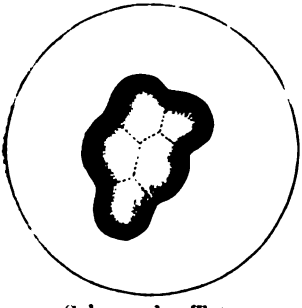
Fig. 5.



Schema der Contraction.

Als Tetanus will ich jenen Zustand bezeichnen, welchen ich an, mit Glycerin in Berührung gebrachten Amoeben geschildert habe (Seite 102). Derselbe beruht auf einer starken Contraction der lebenden Materie (Fig. 6).

Fig. 6.



Schema des Tetanus.

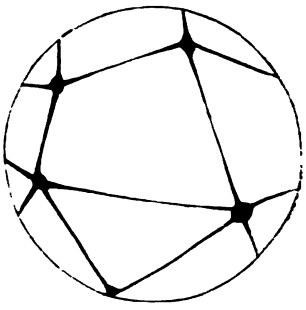
Die Dehnung hingegen beruht auf einem Kleinerwerden der Körner bis zum völligen Verschwinden, bei gleichzeitigem Auseinanderrükken derselben und einem Längerwerden der Fäden auf Kosten der Körnchen, bis zum scheinbaren Verschwinden der ganzen Structur, — hyaline Buckel (Fig. 7).

Im Anschlusse an die geschilderten Formen der lebenden Materie will ich noch die Form der Quellungskugel erörtern.

Diese Form erfolgt unter Einwirkung einer weniger concentrirten Flüssigkeit, als jene ist, welche das Protoplasma in sich schliesst; am einfachsten also bei Zusatz von destillirtem Wasser. Diese Kugelform ist als Ruhezustand aufgefasst worden. Demselben gehen partielle Zuckungen einzelner Kör-

nergruppen voraus, die aber auf die Form des ganzen Protoplasmakörpers ohne Einfluss bleiben. Gleichzeitig reissen viele der Körnchen aus ihrem Zusammenhange mit den Nachbarn los, und flottiren in den, durch viele Risse vergrösserten Maschenräumen herum.

Fig. 7.



Schema der Dehnung.

Mit der Zunahme der Flüssigkeitsmenge im Protoplasmakörper treten Vacuolen auf. In der Vacuolenflüssigkeit flottiren abgerissene Körnchen, welche Fäden aussenden, und tritt eine Anzahl dieser Fäden mit der Vacuolenschale wieder in Verbindung, so verschwindet sofort die Vacuole und der alte Zustand des Maschenwerkes kehrt wieder.

Reisst die Schale einer oberflächlichen Vacuole in Folge von zunehmender Dehnung, oder reisst die lebendige Schale des Protoplasmakörpers, so wird in einem Falle nur die Protoplasmaflüssigkeit herausgepresst; ein anderes Mal ein losgerissenes Stück des Protoplasmaleibes ausgestossen, dessen Bruchstücke bis auf das winzigste Körnchen herab noch lebensfähig sind; ein drittes Mal endlich zerreisst das ganze Maschenwerk, und das im letzten Falle dem Leben der contractilen Substanz in der Regel nicht mehr günstige Medium ertödtet sofort auch jedes einzelne Körnchen.

* * *

Die Lehre von den thierischen Zellen, wie sie von Th. Schwann[1] aufgebaut wurde, hat durch die Untersuchungen von Max Schultze[2] über das lebende Protoplasma, wesent-

---

[1] „Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen." Berlin 1839.

[2] „Über Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe." Müller's Archiv. 1861.

liche Änderungen erfahren. Die besten Forscher wurden darüber einig, dass man als „Zelle“ ein Klümpchen Protoplasma zu bezeichnen habe, ohne Membran und eventuell selbst ohne Kern. Man sagte dazu noch, dass das Protoplasma structurlos erscheine. Der Versuch E. Brücke's [1], das Klümpchen als „Elementarorganismus“ aufzufassen, führte auf einer, seiner Zeit richtigen Bahn um einen guten Schritt weiter.

Das Wort „Zelle“ war einmal da, wenn man daran auch andere Begriffe knüpfte, als zur Zeit seiner Entstehung, — und man glaubte sich bemüssigt, alle auffindbaren Formelemente in den verbesserten Begriff „Zelle“ hineinzuzwängen.

S. Stricker [2] erörtert 1868 die Frage, wie gross denn ein Klümpchen Protoplasma sein müsse, damit man es „Zelle“ nennen könne, und kommt zu dem Resultate, dass man von einer „Zelle“ erst dann sprechen dürfe, wenn am Klümpchen Wachsthum und Erzeugung seines Gleichen zu constatiren sei.

Stricker [3] hat aber durch die Untersuchung der Lostorfer'schen Körper gezeigt, dass im klaren Blutplasma einzelner kranker Menschen Organismen heranwachsen, die, bevor sie sichtbar geworden sind, jedenfalls kleiner gewesen sein müssen, als die kleinsten, mit der Tauchlinse 15 noch sichtbaren Körnchen. Und drängt nicht die Lehre von den sogenannten zymotischen Erkrankungen zu der Annahme hin, dass die eigentlichen Krankheitsträger Organismen sind, welche sich der Beobachtung mit unseren jetzigen Hilfsmitteln entziehen? Was sind endlich die zahllosen Körperchen in faulenden Flüssigkeiten anderes, als selbständige Organismen, und wie viele von ihnen stehen nicht wenigstens an der Grenze des mit den besten Linsen unserer Zeit noch möglichen Sehens?

Nach Stricker's Definition wären also alle diese kleinsten Organismen Zellen.

---

[1] „Die Elementarorganismen.“ Sitzungsber. d. Wiener Akad d. Wissensch. 1861.

[2] Handbuch der Lehre von den Geweben. Art. „Allgemeines über die Zelle.“

[3] „Beiträge zur Pathologie des Blutes. Mediz. Jahrb. 1872.

Es ist klar, dass wir bei dieser Definition nicht stehen bleiben können. Wissen wir doch gar nicht, bis zu welcher Kleinheit ein lebendes Körnchen herabreichen kann, und auf solche nicht mehr sichtbaren, sondern nur erschlossenen Gebilde kann sich doch der Begriff „Zelle“ nicht erstrecken.

Aber wie sollen wir denn die Zelle anders definiren, als wie es Stricker gethan hat? Seine Definition war ja nichts Anderes, als eine Exposition der Brücke'schen Bezeichnung „Elementarorganismus.“ Die an der Grenze unseres Sehens stehenden Fäulnisserreger sind wohl sicherlich entweder Elementarorganismen oder aus Elementarorganismen zusammengesetzt. Sollen wir diese auch „Zellen“ nennen, oder sollen wir die Bezeichnung „Elementarorganismus“ für „Zelle“ fallen lassen?

Ich habe gezeigt, dass das, was man eine „Zelle“ nennt, nur zum Theile aus lebender Materie aufgebaut erscheint; dass aber jedes, noch so winzige Körnchen dieser Materie selbständige Lebensäusserungen auszulösen vermag. Die Zelle der Autoren ist demnach kein „elementarer“, sondern ein complicirter Organismus; eine Anschauung, die ja übrigens schon durch die Beobachtung Stricker's, dass kleine abgerissene Stücke von Zellen noch amoeboide Bewegungen ausführen, gegeben war.

Bei welcher Complication wollen wir aber anfangen, den Organismus eine „Zelle“ zu nennen? Etwa wenn ein Kern sichtbar vorhanden ist? Wenn wir auch davon absehen wollten, was Brücke über die Bedeutung des Kerns in der Zelle gesagt hat, so wird eine solche Beantwortung der Frage schon dadurch unhaltbar, dass strenge Zellenschematiker die Kernzellen als eine besondere Art der Zellen hinstellen. Wenn es also überhaupt eine kernlose Zelle gibt, was ist der Unterschied zwischen dieser und einem der kleinsten jetzt bekannten Organismen?

Es scheint mir kein anderer Ausweg möglich, als die Bezeichnung „Zelle“ im Sinne der Zoologen fallen zu lassen. Wir wollen uns wieder an die Bestimmung der Botaniker halten; denn was der Botaniker eine Zelle nennt, das ist in Wirklichkeit eine Zelle.

Für die bisher abgehandelten Formelemente wird der Wegfall der Bezeichnung „Zelle“ unsere gebräuchliche Aus-

drucksweise auch gar nicht stören. Denn die Amoebe, das farblose Blutkörperchen, das Protoplasmaklümpchen in der Milch, und, fügen wir hinzu, das Eiterkörperchen, das sind ja Gebilde, die gar nicht unter dem Namen „Zelle“ eingebürgert sind. Warum sollen wir ihnen also einen zweiten Namen anheften, welcher sich in der bis heute gebräuchlichen Anwendung nicht vertheidigen lässt? Es wird durchaus genügen, zu sagen: die Amoebe, das farblose Blutkörperchen etc. lebt, oder: die Amoebe, das farblose Blutkörperchen etc. ist ein Organismus.

Wie es sich aber mit allen anderen, nicht isolirten Protoplasma-Körpern verhält werde ich in einer weiteren Untersuchung darthun.

XII. SITZUNG VOM 24. APRIL 1873.

Der Präsident gedenkt in einer Ansprache des am 18. April erfolgten Ablebens des ausländischen Ehrenmitgliedes der Classe, des Herrn Dr. Justus Freiherrn von Liebig.

Sämmtliche Anwesende geben ihr Beileid durch Erheben von den Sitzen kund.

Herr Dr. J. Barrande dankt mit Schreiben vom 20. April für die ihm zur Fortsetzung seines Werkes: „Système silurien du centre de la Bohême" neuerdings bewilligte Subvention von 1500 fl.

Herr Prof. Dr. Jul. Wiesner übersendet eine Abhandlung: „Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung des *Penicillium glaucum*".

Herr Hofrath Dr. E. Ritter v. Brücke überreicht eine von dem stud. med. Herrn Julius Mauthner in seinem physiologischen Institute ausgeführte Arbeit, betitelt: „Über den mütterlichen Kreislauf in der Kaninchenplacenta mit Rücksicht auf die in der Menschenplacenta bis jetzt vorgefundenen anatomischen Verhältnisse".

Das c. M. Herr Dr. Julius Hann legt eine Abhandlung: „Über die Wärmeabnahme in der Höhe im asiatischen Monsumgebiete" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Abich, A., Materialien zur Zusammenstellung einer Klimatologie des Kaukasus. III. Abthlg. I. Band, 1. Lieferung. Tiflis, 1871; gr. 8°. (Russisch.)

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei: Atti. Anno XXVI, Sess. III^a. Roma, 1873; 4°.

Annalen der Chemie & Pharmacie von Wöhler, Liebig, Kopp, Erlenmeyer und Volhard. N. R. Band XC, Heft 3. Leipzig & Heidelberg, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt.) 11. Jahrgang, Nr. 12. Wien, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 14. Paris, 1873; 4°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 7—8. Wien, 1873; 4°.

— physikal.-medicin., in Würzburg: Verhandlungen. N. F. III. Band, 4. (Schluss-)Heft. Würzburg, 1872; 8°.

— neurussische, der Naturforscher zu Odessa: Memoiren. I. Band, 2. & 3. Lieferung. Odessa, 1872 & 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 16. Wien, 1873; 4°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXIX, Heft 2. Speyer, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 8. Graz, 1873; 4°.

Maschek, Luigi, Manuale del regno di Dalmazia per l'anno 1872 & 1873. Zara, 1872 & 1873; 8°.

Moritz, A., Alphabetischer Index der vorzüglichsten Städte und Ansiedlungen auf den Kaukasischen Karten. Tiflis, 1871; gr. 8° (Russisch.) — Schemacha und seine Erdbeben. Tiflis, 1872; 8°.

Nature. Nr. 181, Vol. VII. London, 1873; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VIII. Nr. 1. Torino, 1873; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 6. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIe Année, 2e Série, Nr. 42. Paris, 1873; 4°.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette Médicale d'Orient. XVIe Année, Nr. 12. Constantinople, 1873; 4°.

Tommasi, D., Sur une combinaison de l'urée avec l'acétyle chloré. Paris, 1873; 4°.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftl. Veterinärkunde. XXXIX. Band, 1. Heft. Wien, 1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 16. Wien, 1873; 4°.

Über den mütterlichen Kreislauf in der Kaninchenplacenta mit Rücksicht auf die in der Menschenplacenta bis jetzt vorgefundenen anatomischen Verhältnisse.

Von **Julius Mauthner**, stud. med.

(Mit 1 Tafel.)

(Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.)

Die auffallende und fundamentale Verschiedenheit im Blutlaufe, welche anscheinend zwischen der Placenta des Menschen und der der bis jetzt untersuchten Säugethiere besteht, veranlasste mich, von neuem sowohl Menschen- als Thierplacenten zu untersuchen, von letzteren zunächst die des Kaninchens.

Zum besseren Verständnisse dessen, um was es sich handelt, will ich, bevor ich näher auf den Gegenstand eingehe, in Kurzem eine Vorstellung vom Baue der Kaninchenplacenta zu geben versuchen.

Von der dem Foetus zugewendeten Seite betrachtet, zerfällt sie durch eine einfache oder sich gabelig theilende tief eingreifende Furche in zwei oder drei Theile (Cotyledonen), die dann wieder durch viele, nach allen Richtungen sich durchkreuzende seichtere Furchen in viele kleine Läppchen zerfallen (s. Fig. 1). Jedes dieser letzteren, die auch im Innern, den äusseren Furchen entsprechend, von einander getrennt sind, enthält alle der Placenta zukommenden Elemente: Fötale und mütterliche Gefässe grösseren Kalibers, fötale Zotten mit Capillargefässen und zwischen den Zotten die der Ernährung des Embryo zunächst dienenden mütterlichen Bluträume.

Macht man durch eine noch an der Uteruswand haftende nahezu ausgetragene Kaninchenplacenta Durchschnitte, so findet man, jener zunächst anliegend, eine überall gleich dicke, an Carminpräparaten schon dem freien Auge sehr hell erscheinende

Schicht, welche aus einem äusserst feinen Netzwerke mit hie und da eingestreuten Kernen besteht. Die Untersuchung frischer Präparate mit Ausschluss von Terpentinbehandlung ergab, dass ich es hier mit einer fettigen Degeneration des Gewebes in der ganzen Ausdehnung des Ansatzes der Placenta (und an einzelnen Stellen noch darüber hinaus) zu thun hatte. Durch diese fettige Degeneration, welche ich constant antraf, wird offenbar der beim Acte der Geburt vor sich gehenden Loslösung der Placenta vom Uterus vorgearbeitet, denn diese Schicht von Fettgewebe ist es, welche dabei zerreisst.

Auf diese Schicht folgt dann weiter in der Richtung gegen den Embryo hin jener zellige Theil der Placenta, der gewöhnlich Placenta uterina s. materna richtiger aber mit Winkler[1] Basalplatte der Placenta genannt wird. Sie ist beim Kaninchen verhältnissmässig viel dicker als beim Menschen und besteht aus zelligen Elementen, welche jedoch nicht die Schönheit und Deutlichkeit jener so oft beschriebenen, beim Menschen vorkommenden, oft Ganglienkugeln ähnlichen Zellen besitzen. Sie bilden ein undeutliches, granulirt ansehendes Conglomerat, und nur jene sind deutlich unterscheidbar, welche sich um die Wand der die Basalplatte durchsetzenden grösseren mütterlichen Blutgefässe lagern.

Auf diese Schicht folgt, dieselbe auch von den Seiten umgreifend, der gewöhnlich, aber mit Unrecht, so genannte fötale Theil der Placenta. Er zerfällt, wie schon früher angegeben, in lauter kleine Lappen, die auch von der fötalen Seite aus durch mehr oder weniger tiefe Furchen von einander getrennt erscheinen. Im Innern sind diese Läppchen durch interstitielles Bindegewebe von einander getrennt, welches in senkrecht auf die fötale Oberfläche geführten Schnitten als Fortsetzungen, die von der Schlussplatte aus in die Tiefe gesendet werden, erscheinen. Dieser als Placenta foetalis bezeichnete Theil des Mutterkuchens enthält dieselben Elemente, wie der ebenso genannte Theil der menschlichen Placenta, nur enthält jeder der früher

---

[1] Zur Kenntniss der menschlichen Placenta. Arch. f. Gynäkol. red. v. Credé und Spiegelberg. Bd. 4, Heft 2. Berlin 1872.

erwähnten Lappen eine starkwandige mütterliche Arterie und verhältnissmässig dünnwandige Venen, so dass jeder solcher Lappen für sich allein der ganzen menschlichen Placenta entspricht, indem hier wie dort Arterien und Venen durch die die fötalen Zotten direct umspülenden Bluträume getrennt sind.

Eben diese letzteren sind es aber, die beim Kaninchen von den menschlichen anscheinend in fundamentaler Weise verschieden sind. Eine jede mütterliche Arterie zerfährt büschelförmig in lauter enge, zwischen den Zotten der Frucht liegende Bluträume, die direct, nicht erst von irgend einer Gefässwand umgeben, von dem Epithel der Zotten begrenzt sind, aber verschieden von der Anordnung beim Menschen ein in seiner Form ganz regelmässig entwickeltes System von Capillaren bilden, aus denen das Blut dann in sehr dünnwandige Venen übergeht.

Fig. 1 zeigt eine Kaninchenplacenta mit den an der Oberfläche verlaufenden mütterlichen Arterienstämmchen nach einem mit Mennige injicirten Präparate. Mennige wurde gewählt, um nur die gröberen Stämme zu injiciren und sicher nichts vom Injectionspigment in die Venen übergehen zu lassen.

Gehen wir nun auf den feineren Bau eines einzelnen Lappens und zwar zunächst auf den der fötalen Zotten näher ein, so finden wir, dass die Elemente, aus denen diese zusammengesetzt sind, ganz denen der menschlichen Chorionzotten entsprechen, dass sie in der äusseren Form dagegen sehr von diesen abweichen. Ihrer Zusammensetzung nach bestehen sie, ganz wie beim Menschen, aus dem die Endverzweigungen der Nabelstranggefässe tragenden Binde- (Schleim-) Gewebe und dem Epithelialüberzuge. Dieser letztere zerfällt ebenso wie beim Menschen gewöhnlich nicht deutlich in einzelne Zellen, sondern bildet, auch auf gehärteten Präparaten meist einen continuirlichen Protoplasmaüberzug mit Kernen, welche hier jedoch nicht so zahlreich sind, wie dort. Was die äussere Form der Zotten betrifft, so stellen diese ungemein ausgedehnte blattförmige Erhebungen dar, die wieder seitlich längsgefaltet sind, so dass sie auf Querschnitten vielfach gekrümmt und gewunden erscheinen. Da die Zotten eines einzelnen Lappens von einer breiten Basis gegen die mütterliche Arterie convergiren, so müssen sie sich in derselben Richtung verschmächtigen und enden mit einem

kurzen ausgezackten Rande nahe der Wand der Arterie, mit der sie auch oft durch Fortsetzungen, die sich von ihrer Epithelialbekleidung an dieselbe hinziehen, in Verbindung stehen. Die einzelnen Zotten sind untereinander so angeordnet, dass eine jede Längsfalte einer Zotte in die zwischen zwei Falten einer anderen oder auch derselben Zotte liegende Furche eingelagert ist und umgekehrt. Es verschmelzen nämlich die Epithelialüberzüge von je zwei so ineinandergreifenden Zottenfalten zu einer einzigen, das Schleimgewebe je zweier Zotten von einander trennenden Protoplasmawand, in welcher natürlich zwei Reihen von Zellkernen nebeneinander parallel verlaufen und in welche auch die mütterlichen Bluträume ohne sonstige Wandungen eingelassen sind.

Dies Verhalten wird am besten durch die Abbildung Fig. 2 ersichtlich gemacht. *a* und *a* sind zwei aneinanderliegende quergetroffene Zottenfalten; *b* ist die von beiden beigestellte Epithelialschicht mit den, der einen und der andern angehörigen Zellkernen. Im Innern der Zotten sind quergetroffene Blutgefässcapillaren mit ihren Kernen sichtbar; *c* sind die mit blau gefärbter Leimmasse injicirten mütterlichen Bluträume, welche in die beiden Zottenfalten gemeinsame Epithelialschicht eingelassen sind.

In einzelnen Fällen sieht man innerhalb der letzteren die Areale der einzelnen Zellen sich deutlich von einander abgrenzen (Fig. 3), ein Verhalten, welches jedoch nicht das gewöhnliche ist.

Die durch das oben angegebene Verhältniss der mütterlichen Blutgefässe zum Zottenepithel entstehenden Protoplasmabrücken zwischen je zwei Zotten bilden die Inseln innerhalb der Maschen des mütterlichen Gefässnetzes und sind, je nachdem diese lang gestreckt oder mehr rund sind, im letzteren Falle runde Zapfen, im ersteren dagegen kurze Wände, die in der Längsrichtung der Zotten verlaufen. Auf quergeschnittenen Zotten müssen sie in beiden Fällen schmal erscheinen, während sie auf längsgetroffenen beiderlei Formen erkennen lassen.

Denken wir uns nun die mütterlichen Blutgefässe unter sehr hohem Drucke gefüllt, so ist es klar, dass dadurch die

Zotten immer weiter auseinander gedrängt werden und in Folge dessen die zwischen je zwei Zotten bestehenden Protoplasmabrücken sehr ausgedehnt werden, so dass diese letzteren immer länger und feiner ausgezogen werden und endlich nur ganz feine, die mütterlichen Bluträume durchsetzende Fäden, beziehungsweise Lamellen darstellen. Ein Schnitt aus einer so von Blut strotzenden Placenta ist in Fig. 4 abgebildet. Der Einwurf, dass die Verschiedenheit dieses Bildes von Fig. 2 davon herrühre, dass in dem einen Falle injicirt wurde, im zweiten nicht, ist nicht stichhältig, denn die meisten Placenten zeigten (wie ja auch Fig. 3) ein der Abbildung Fig. 2 entsprechendes Verhalten.

Denkt man sich diesen Druck nun noch mehr verstärkt, so würden jene Brücken endlich reissen, das Protoplasma derselben würde sich zurückziehen, es würden dann die einzelnen Zotten von einander getrennt sein, vollständig schwimmend im mütterlichen Blut, aber dabei überzogen von einer Epthelialschicht, bestehend aus jenen protoplasmareichen Zellen. Man sieht leicht ein, dass hiedurch ein Schema dargestellt werden würde, ganz wie es an der ausgestossenen menschlichen Placenta realisirt ist. Die Unterschiede würden nur noch in der Form, in der Verzweigung der Zotten liegen. Diese Betrachtung musste mich nothwendig auf den Zweifel führen, ob der Befund, wie er bis jetzt von der Menschenplacenta vorliegt, auch wirklich dem Zustande während des Lebens entspreche, ob nicht vielleicht auch beim Menschen jene sogenannten Epithelialzellen durch Brücken so miteinander verbunden wären, dass sich zwischen ihnen ähnliche capillare Blutbahnen abgrenzten, wie beim Kaninchen. Es konnten ja diese Zellen beim Absterben ihre Verbindungen lösen, wie eine Amoebe beim Absterben ihre Fortsätze einzieht. Es konnte vielleicht auch die mechanische Gewalt, welche die Placenta während des Ausstossens der Frucht und bei ihrer eigenen Ablösung erleidet, einen zerstörenden Einfluss ausüben. Um den letzteren Punkt wenigstens in Rücksicht auf das Kaninchen direct zu untersuchen, verschaffte ich mir auf natürlichem Wege ausgestossene Kaninchenplacenten, die ich dadurch erhielt, dass ich ein Kaninchen, das durch einen engmaschigen Maulkorb am Auffressen derselben verhindert war, werfen liess. Die so erhaltenen Placenten zeigten

einen, durch Undeutlichkeit und Verworrenheit von den herausgeschnittenen verschiedenen Bau, liessen jedoch an vielen Stellen die Brücken zwischen den Zotten noch deutlich erkennen.

Ich versuchte weiter, ob ich am Kaninchen durch Einleitung von Inductionsströmen in den schwangeren Uterus und die Placenta ein Zerreissen der brückenartigen Verbindungen und somit einen dem der ausgestossenen Menschenplacenta analogen Zustand herbeiführen könne. Es gelang nicht.

Ich kann aber damit die Frage noch nicht für erledigt halten. Wenn ich Wahrscheinlichkeit und Unwahrscheinlichkeit gegen einander abwäge, so habe ich auf der einen Seite nach der jetzt gangbaren Vorstellung beim Menschen ein Schema des Placentarkreislaufes, welches vollständig verschieden ist von demjenigen aller übrigen bis jetzt untersuchten Säugethiere, ein Schema zugleich, welches überhaupt auch in anderen Theilen des Körpers ohne Analogie ist, und welches, wenn man die mechanischen Verhältnisse berücksichtigt, zu nicht unbedeutenden Bedenken und Schwierigkeiten Veranlassung giebt. Auf der anderen Seite tritt mir nur die Nothwendigkeit entgegen, anzunehmen, dass an die protoplasmareichen Epithelzelzellen der Zotten beim Menschen weniger widerstandsfähig sind und beim Absterben leichter ihre frühere Form verlieren, als die der Kaninchen, eine Annahme, die, da wir es mit nackten Zellen zu thun haben, keineswegs in das Bereich grosser Unwahrscheinlichkeit zu verweisen ist.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1. Ansicht einer von der Mutter aus mit in Leimmasse aufgeschwemmter Mennige injicirten Kaninchenplacenta von der dem Embryo zugewendeten Seite; ungefähr dreimal vergrössert.

Fig. 2. Querschnitt von zwei aneinander gelagerten Zottenfalten aus einer mit blauer Leimmasse injicirten Kaninchenplacenta. Vergr. 470.

a und *a'* das Innere der Zotten mit quer getroffenen Capillaren,

b ihre mit einander verschmolzenen Epithelbekleidungen,

c die in die letzteren eingelassenen mütterl. Blutgefässe.

Fig. 3. Querschnitt von Zottenfalten, deren Epithele sich gegenseitig abgegrenzt haben. Vergr. 490.

Fig. 4. Querschnitt von Zotten aus einer stark mit Blut gefüllten Kaninchenplacenta. Die Protoplasmabrücken zwischen den Zotten sind ganz fein ausgezogen. Vergr. 530.

STANFORD LIBRARY

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVII. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

5.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

XIII. SITZUNG VOM 8. MAI 1873.

Die Direction der Sternwarte zu Leiden dankt, mit Schreiben vom 25. April, für die Betheilung dieser Anstalt mit den Sitzungsberichten der Classe.

Herr A. Balawelder zu Ostrau übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Principien einer dynamischen Theorie der physikalischen Naturerscheinungen auf Grundlage eines mathematischen Punktes."

Herr J. Stastný, Photograph in Iglau, übermittelt eine Notiz über ein lenkbares Luftschiff.

Herr Dr. George Thin aus Schottland legt eine Abhandlung: „Untersuchungen über den Bau der Tastkörperchen" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, K., zu Amsterdam: Verhandelingen. Afdeeling Letterkunde. Deel VII. Amsterdam, 1872; 4°. —Verslagen en Mededeelingen. Afd. Letterkunde. II. Reeks II. Deel. 1872; Afd. Natuurkunde. II. Reeks. Deel VI. 1872. Amsterdam; 8°, — Jaarboek voor 1871. Amsterdam; 8°. — Processen-Verbaal. 1871--72. 8°. — *P. Esseiva, Ad juvenem satira. Amstelodami, 1872; 8°.*

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, Nr. 13. Wien, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1933—1935. (Bd. 81. 13—15.) Altona, 1873; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nrs. 15—16. Paris, 1873; 4°.

Genootschap, Bataviaasch, van Kunsten en Wetenschappen: Verhandelingen. Deel XXXVI. Batavia, 1872; 4°. — Tijdschrift voor Indische taal-, land- en volkenkunde. Deel XVIII (Zesde Serie. Deel I.) Aflev. 5—6. Batavia & 's Hage, 1872; 8°. — Notulen. Deel X. 1872, Nr. 1—3. Batavia; 8°.

Gesellschaft, böhmische chemische: Berichte. III. Lieferung. Prag, 1873; 8°. (Böhmisch.)

— der Wissenschaften, k., zu Göttingen: Abhandlungen. XVII. Band. Vom Jahre 1872. Göttingen; 4°. — Gelehrte Anzeigen. 1872. I & II. Band. Göttingen; 8°. — Nachrichten aus dem Jahre 1872. Göttingen; 8°.

— — Königl. Sächsische, zu Leipzig: Abhandlungen der mathem.-physischen Classe. X. Band, Nr. 3—5. Leipzig, 1872; 4°. — Berichte der mathem.-phys. Classe. 1871. IV—VII; 1872. I. & II. Leipzig; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 9. Wien, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang. Nr. 17—18. Wien, 1873; 4°.

Instituut, Koninkl., voor de taal-, land- en volkenkunde van Nederlandsch Indië: Bijdragen. III. Volgreeks. VII. deel, 1ste—2e Stuk. 's Gravenhage, 1872—1873; 8°.

Istituto, R., Lombardo di Scienze e Lettere: Memorie. Classe di Lettere e Scienze morali e politiche. Vol. XII. (III. della serie III.) Fasc. III; Classe di Scienze matematiche e naturali. Vol. XII (III. della serie III.) Fasc. V. Milano, 1872; 4°. — Rendiconti. Vol. V., Fasc. VIII — XVI. Milano, 1872; 8°.

Jahrbücher der k. k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus von Carl Jelinek und Carl Fritsch. Neue Folge. VII. Band. Jahrgang 1870. Wien, 1873; 4°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VII, 2. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 9. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 7. Wien; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 19. Band, 1873. Heft IV. Gotha; 4°.

Nature. Nr. 182, Vol. VII; Nr. 183, Vol. VIII. London, 1873; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIe Année, 2e Série, Nrs. 43—44. Paris, 1873; 4°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. 1873, Disp. 2ª. Palermo; 4°.

Society, The Asiatic, of Bengal: Journal. Part II, Nr. 2. 1872. Calcutta; 8°. — Proceedings. 1872, Nrs. VI—VIII. Calcutta; 8°.

— The Royal, of Edinburgh: Transactions. Vol. XXVI., Part IV. For the Session 1871—72. 4°. — Proceedings. Session 1871—72. Vol. VII, Nr. 84. 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 17—18. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. Redigirt von C. G. Giebel. Neue Folge. 1872. Band V & VI. Berlin, 1872; 8°.

Über den Bau der Tastkörperchen.

Von Dr. George Thin.

(Aus dem Institute für experimentelle Pathologie).

(Mit 1 Tafel.)

Die Angaben über die Structur der Tastkörperchen lauten noch sehr different. Man weiss, dass markhaltige Fasern in dieselben eintreten und, dass die Körperchen selbst von quer gestellten Formelementen durchsetzt sind. Über die Natur dieser Elemente und über das weitere Schicksal der eintretenden Nervenfasern ist man nicht im Klaren. Tomsa[1] schilderte noch im Jahre 1865 einzelne Tastkörperchen der Hohlhand als eine Aufknäuelung des an Dicke zunehmenden Achsencylinders, als eine Anhäufung von Nervenmasse, in welcher quergestellte oder unregelmässig zerstreute Kerne eingelagert sind. Kölliker[2] sagt: „dass auch querverlaufende Nervenfasern in ziemlicher Anzahl sich finden, ist sicher."

Biesiadecki[3] gibt an, dass 4—6 Nervenfasern in je ein Körperchen eintreten und lässt es dahingestellt sein, ob sie sich daselbst theilen. Brücke[4] endlich gab in neuester Zeit an, dass sich die Nerven in den Körperchen theilen.

Indem ich mich anschicke, die Resultate meiner Beobachtungen mitzutheilen, muss ich vorerst darauf aufmerksam machen, dass ich mich der Osmiumsäure, des Goldchlorids und des Carmins als Färbemittel bedient habe. Osmiumsäure bietet den

---

[1] Wiener mediz. Wocsenschrift.
[2] Handbuch 5. Ausgabe.
[3] Stricker's Handbuch.
[4] Vorlesungen. Braumüller, 1873.

grossen Vortheil, dass die Gewebe nicht nur nicht schrumpfen, sondern ein wenig anquellen und dadurch eine auserordentlich schöne Einsicht gestatten. Doch erhalten sich die Präparate nicht lange gleich schön. Ursprünglich, und so lange nur die eintretende markhaltige Nervenfaser gefärbt ist, setzt sich diese plastisch vom übrigen Gewebe ab; später aber dunkelt das ganze Gewebe nach, wodurch die Schönheit der Präparate allmälig abnimmt. Denselben Nachtheil bieten übrigens auch Goldchlorid-Präparate.

Verticale Schnitte durch den Meridian der in Osmiumsäure behandelten Körperchen zeigen dieselben entweder rundlich, in welchem Falle je ein Körperchen von einer Kapsel eingeschlossen ist, oder oblong, in welchem Falle eine Kapsel zwei oder drei in der Längenachse der Papille hinter einander liegende Körperchen enthält. Ich will um diese Anordnung kurz zu bezeichnen, von einfachen Körperchen, von Zwillingen, und von Trillingen sprechen. Die einzelnen Körperchen je eines Zwillings- oder Trillings-Körperchens will ich als Glieder derselben ansprechen. Vierlinge habe ich nicht gesehen, dennoch haben mich Durchschnitte einzelner grösserer Körperchen zu der Vermuthung geführt, dass auch Vierlinge vorkommen.

Die Glieder eines zusammengesetzten Körperchens sind bald durch eine schmälere, bald durch eine breitere und scharf ausgesprochene Spur getrennt. Figur 7, 8, 9, 11.

Die Trennung eines Kapselinhalts in Zwillings- und Trillingsbilder habe ich deutlich ausgesprochen nur in Osmiumsäure-Präparaten gesehen. In Gold-Präparaten sind sie manchesmal, wie Figur 1 lehrt, angedeutet, häufig wieder nicht. An Osmiumsäure-Präparaten kann man auch die Schnitte so dick anlegen, um die Trennung in der ganzen Tiefe des Kapselinhalts überblicken zu können. Jedes Glied liegt gleichsam wieder in einer gesonderten secundären Kapsel, nur scheinen die Fasern der zu einander gehörenden secundären Kapseln häufig wie in unvollkommenen Achtertouren in einander überzugehen.

Sowohl in Osmium- als in Gold-Präparaten sieht man markhältige Fasern die Kapsel durchbohren und dann bald direct

in die Substanz des Körperchens eintreten, bald wieder erst nach einem längeren zwischen Kapsel und Körperchen sich windenden Verlauf. Nachdem der Nerv in die Substanz des Körperchens eingetreten ist, durchzieht er es entweder geradlinig oder er krümmt sich in einer gewissen Tiefe hakenförmig um, und zwar derart, dass die Convexität des Hakens der Oberfläche des Körperchens nahezu parallel läuft. Niemals aber habe ich einen markhaltigen Nervenfaden aus einem Körperchen austreten, also auch niemals einen Nerven mehr wie ein Glied eines zusammengesetzten Körperchens versorgen gesehen.

Anderseits habe ich in den Fällen, in welchen die Kapsel nur ein Körperchen einschliesst, niemals mehr als einen markhaltigen Faden durch die Kapsel treten sehen, ferner bei Zwillingsgestalten niemals mehr wie zwei Nerven, bei Trillingsgestalten nie mehr als deren dreie. Die Lagerung dieser Nerven kann sich zuweilen so gestalten, dass sich einer oder zwei durch Übereinanderlagerung stellenweise den Blicken entziehen, und daher der Anschein entstehen, als wenn nur ein Nerv da wäre, der sich dann in zwei oder drei Äste zertheilt. In der That aber habe ich bei einer sehr grossen Reihe von Beobachtungen innerhalb der Kapsel niemals eine wirkliche Theilung gesehen. Ausserdem muss ich in Abrede stellen, dass ein einfaches Körperchen von mehr als einem Nerven versorgt wird. So oft ich zwei Nerven innerhalb einer Kapsel gesehen habe, waren immer Zwillinge vorhanden, so dass jedes Glied seinen eigenen markhältigen Faden erhielt. Dasselbe Verhältniss fand ich in dem Falle als Trillinge zugegen waren. Ich muss daher nach meinen Beobachtungen aufrecht erhalten, dass jedes einfache Meissnerische Körperchen oder jedes Glied eines zusammengesetzten Körperchens als der Endapparat für je eine markhaltige Faser angesehen werden muss.

An Osmiumpräparaten habe ich innerhalb der Substanz des Körperchens rings um den markhaltigen Faden noch eine schmale lichte Zone beobachtet, welche von einer dünnen Scheide begrenzt war, so dass die Vermuthung nahe liegt, dass der markhältige Faden mit der Schwannischen Scheide in das Körperchen eindringt.

Innerhalb der Substanz des Körperchens habe ich niemals eine Theilung beobachtet. Die queren Elemente haben nichts mit den Nerven gemein. Es sind, wie man sich insbesondere an Präparaten, welche in Carmin gefärbt und in Essigsäure aufgequollen sind, überzeugen kann, nichts Anderes als Formbestandtheile der Grundsubstanz des Körperchens. Sie spielen so weit mich die Übereinstimmung der Bilder lehrt, welche ich an den Tastkörperchen gesehen habe, mit denjenigen, welche Herr Spina soeben an der Sehne zu beschreiben im Begriffe ist, die Rolle der elastischen Fasern, elastischen Bänder und der diesen Elementen zu Grunde liegenden Zellen. Die kernhaltigen Zellen sind häufig, aber nicht immer der Quere nach angeornedt und tragen häufig Ausläufer, die sich zuweilen auf lange Strecken hinaus durch mannigfache Windungen verfolgen lassen. Die markhaltigen Nervenfasern hingegen habe ich an Osmiumsäure-Präparaten stets mit scharfen Umrandungen aufhören gesehen. Ich will damit nicht behaupten, dass dies die wahren Enden der Tastnerven sind. Es ist wohl möglich, dass aus den markhältigen Fasern noch feinste marklose Fasern hervorbrechen und sich in dem Tastkörperchen vertheilen. Wohl aber kann ich behaupten, dass der markhaltige Faden als solcher aufhört.

Erklärung der Abbildungen.

Figur 1, 2, 4 und 5 sind nach Goldpräparaten gezeichnet. Die Tastkörperchen sind geschrumpft und daher die Zwillings- und Trillingsbildung an Figur 2 und 5 gar nicht ausgesprochen. Die Abbildungen sollen die Configuration des Nervenverlaufs versinnlichen. Der Ton, in welchem die Nerven gehalten sind, entspricht dem tiefen violett der Nerven in meinen Präparaten.

Die Figuren 3, 6, 7, 8, 9, 10 und 11 sind nach Osmiumsäure-Präparaten gezeichnet. Es sollen hiermit einerseits die Zwillings- und Trillingsgestalten und andererseit die mannigfachen Bilder veranschaulichwerden, welche die Nerven auf verschiedenen Schnitten bieten können.

Figur 12 endlich ist nach einem Carmin-Präparat gezeichnet, in welchem die Elemente der Bindesubstanz deutlich hervortreten.

Thin

XIV. SITZUNG VOM 15. MAI 1873.

Herr Dr. Gustav C. Laube in Prag übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Geologische Beobachtungen, gesammelt während der Reise auf der „Hansa“ und gelegentlich des Aufenthaltes in Südgrönland.“

Herr Dr. A. Boué legt zwei Abhandlungen vor, und zwar: 1. „Über die von ihren Lagerstätten entfernten und in anderen Formationen gefundenen Petrefacten“, und 2. „Über die dolomitische Brekzie der Alpen und besonders über die zu Gainfahrn in Nieder-Österreich“.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Royale des Sciences de Copenhague: Skrifter. 5 Raekke, historisk og philos. Afd., IV. Bd. VII. Kjøbenhavn, 1872; 4°. 5 Raekke, naturvidensk. og mathem. Afd., IX. Bd. 6 & 7. Kjøbenhavn, 1871 & 1872; 4°. — Oversigt. 1871, Nr. 3; 1872. Nr. 1. Kjøbenhavn; 8°.

American Academy of Arts & Sciences: Memoir of Sir Benjamin Thompson, Count Rumford, with Notices of his Daughter. By George E. Ellis. Philadelphia; 8°.

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt.) 11. Jahrg., Nr. 14. Wien, 1873; 8°.

Beobachtungen, Schweizer. Meteorologische. 1871 (Schluss), nebst März & April 1872. Zürich; 4°.

Comitato, R., geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1873, Nr. 3 e 4. Firenze; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 17. Paris, 1873; 4°.

Essex Institute: The American Naturalist. Vol. I, Nrs. 1—12. March 1867 — February 1868; Vol. V, Nrs. 2—12. April—December 1871; Vol. VI, Nrs. 1—11. January to November 1872. Salem; 8°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVI (neuer Folge VI.), Nr. 3. Wien, 1873; 8°.

— der Wissenschaften, k. böhm.: Sitzungsberichte. 1873, Nr. 2. Prag; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang. Nr. 19. Wien, 1873; 4°.

Halle, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1872. 4°, 8° & Folio.

Jahresbericht der Commission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel für das Jahr 1871. Im Auftrage des K. Preuss. Ministeriums für die landwirthschaftlichen Angelegenheiten herausgegeben von H. A. Meyer, K. Möbius, G. Karsten und V. Hensen. I. Jahrgang: Die Expedition zur physikalisch-chemischen und biologischen Untersuchung der Ostsee im Sommer 1871 auf S. M. Avisodampfer Pommerania nebst physikalischen Beobachtungen an den Stationen der preussischen Ostseeküste. Berlin, 1873; Folio.

Kasan, Universität: Bulletin et Mémoires. 1871. V & VI; 1872. V & VI. Kasan; 8°. — Gelehrte Abhandlungen. 1872. Kasan; 8°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 8. Wien; 8°.

Moniteur scientifique du D^teur Quesneville. 3e Série, Tome III. 377e Livraison. Paris, 1873; 4°.

Museum des Königreiches Böhmen: Časopis Musea kr. Č. 1871. XLV. ročnik, sv. 4; 1872. XLVI. roč., sv. 1—4; 1873. XLVII. roč., sv. 1. V Praze; 8°. — Sborník vědecký m. kr. Č. IV—V. V Praze, 1872 & 1873; 8°. — Živa. Sbornik ved. m. kr. Č. I—X. V Praze, 1869—1872; 8°. — Památky. Nové řady roč. I, seš. 4; nové řady roč. II, seš. 1—4. V Praze 1872—1873; 4°. — Tomek, V. V., Dějepis města Prahy. Opravy a doplňky k dílu I. W Praze, 1872; 8°. — Vortrag des Geschäftsleiters in der Generalversammlung des Museums d. K. B. am 21. Mai 1872. Prag, 1872; 8°.

— Francisco-Carolinum, in Linz: XXXI. Bericht. Linz, 1873; 8°. — Urkundenbuch des Landes ob der Enns. VI. Band.

Wien, 1872; 8°. — Das oberösterr. Museum Francisco-Carolinum in Linz. Linz, 1873; 8°.

Nature. Nr. 184, Vol. VIII. London, 1873; 4°.

Onderzoekingen gedaan in het physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool. III. Reeks. II. Aflev. I. Utrecht, 1873; 8°.

Peabody Academy of Science: Memoirs. Vol. I, Nrs. 1—2. Salem, Mass., 1871—1872; 4°. — IVth Annual Report for the Year 1871. Salem, 1872; 8°. — Record of American Entomology for the Year 1870. Edited by A. S. Packard. Salem, 1871; 8°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. Von Ph. Carl. IX. Band, 1. Heft. München, 1873; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger. IIe Année, 2e Série, Nr. 45. Paris, 1873; 4°.

Society, The Chemical, of London: Journal. Ser. 2. Vol. X. November & December, 1872; Ser 2. Vol. XI. January, 1873. London; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 19. Wien, 1873; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 5. Heft. Wien, 1873; 4°.

XV. SITZUNG VOM 23. MAI 1873.

Der Vorstand des naturwissenschaftlichen Vereins für Sachsen und Thüringen in Halle a/S. ladet, mit Circular-Schreiben vom 1. Mai, zur Theilnahme an der am 21. und 22. Juni d. J. zu begehenden Feier seiner 25jährigen Thätigkeit ein.

Herr Prof. Dr. E. Mach in Prag hinterlegt ein versiegeltes Schreiben zur Wahrung seiner Priorität, mit der Aufschrift: „Ein neues Mittel für sehr feine Zeitbestimmungen."

Herr Prof. E. N. Horsford aus Cambridge in Nord-Amerika legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Die Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxydgas durch phosphorsaures Eisen".

Herr Hofrath Dr. H. Hlasiwetz übergibt die zweite von ihm gemeinschaftlich mit Herrn J. Habermann ausgeführte Abhandlung: „Über die Proteïnstoffe."

Herr Dr. K. Heitzmann überreicht eine Abhandlung: „Über das Verhältniss zwischen Protoplasma und Grundsubstanz im Thierkörper."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Abbot, Francis, Results of five Years' Meteorological Observations for Hobart Town etc. Tasmania, 1872; 4°.

Annalen der k. k. Sternwarte in Wien. Dritte Folge. XIX. Bd. Jahrgang 1869. Wien, 1872; gr. 8°.

Annales des mines. VIIe Série. Tome II, 5e & 6e Livraisons de 1872. Paris; 8°.

Archiv der Mathematik und Physik. Gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. LV. Theil, 1. Heft. Greifswald, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1936—1939. (Bd. 81. 16—19.) Altona, 1873; 4°.

Barnard, J. G., Problems of Rotary Motion presented by the Gyroscope, the Precession of the Equinoxes and the Pendulum. Washington City, 1871; 4°.

Basel, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871—73. 4° & 8°.

Bern, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem J. 1872. 4° & 8°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVI°. Nr. 184. Genève, Lausanne, Paris, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVI, Nr. 18. Paris, 1873; 4°.

Cremona, Luigi, Elementi di geometria projettiva. Vol. I. Roma, Torino, Milano, Firenze, 1873; gr. 8°. — Per le nozze di Camilla Brioschi con Costanzo Carcano. Milano, 1872; kl. 4°.

Erlangen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871/2; 4° & 8°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVI (Neuer Folge VI) Nr. 4. Wien, 1873; 8°.

— naturforschende, zu Freiburg i. Br.: Berichte über die Verhandlungen. Band VI, Heft 1. Freiburg i. Br., 1873; 8°.

— physikalisch - ökonomische, zu Königsberg: Geologische Karte der Provinz Preussen. Blatt 8. Folio.

— physikal. - medicin., in Würzburg: Verhandlungen. Neue Folge. IV. Band, 1. Heft. Würzburg, 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 20. Wien, 1873; 4°.

Greifswald, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1872/3. 4° & 8°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo II°, Serie IV°, Disp. 5°. Venezia, 1872—73; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXIX, Heft 3. Speyer, 1873; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe, N. F. Band VII, 3. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrg, Nr. 10. Graz, 1873; 4°.

Lotos. XXIII. Jahrgang. April 1873. Prag; 8°.

Mittheilungen, Mineralogische, gesammelt von G. Tschermak. Jahrgang 1873, Heft 1. Wien; kl. 4°.

Nature. Nrs. 185, Vol. VIII. London, 1873; 4°.

Puyals de la Bastida, Don Vincente, Teoria de los numeros y perfeccion de las matemáticas. Madrid, 1872; 12°.

Regel, E., *Animadversiones de plantis vivis nonnullis horti botanici Petropolitani.* 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIme Année. 2e série. Nr. 46. Paris, 1873; 4°.

Riccò, Felice e Annibale, La stampa naturale. Modena, 1873; 8°.

Società Italiana di Antropologia e di Etnologia: Archivio. IIIe Vol., fasc. 1°. Firenze, 1873; 8°.

— degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. Anno 1873, Disp. 3^a^. Palermo, 1873; 4°.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIIe Année, Nr. 1. Constantinople, 1873; 4°.

Tommasi, D., Sur une combinaison de l'urée avec l'acétyle chloré. — Action du chlorure de chloracétyle sur l'aniline et la toluidine. Paris, 1873; 4°.

Verein, Naturwissenschaftlicher, zu Bremen: Abhandlungen. III. Band, 3. Heft. Bremen, 1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang. Nr. 20. Wien, 1873; 4°.

Untersuchungen über das Protoplasma.

Von C. Heitzmann.

II. Das Verhältniss zwischen Protoplasma und Grundsubstanz im Thierkörper.

(Mit 2 Tafeln.)

Ich habe in meinen „Studien am Knochen und Knorpel“ [1] dargethan, dass die Knorpelkörper zahlreiche Ausläufer in die als „hyalin“ bezeichnete Grundsubstanz senden, und dass diese Ausläufer innerhalb der Grundsubstanz vielfach mit einander anastomosiren und die „Zellen“ unter einander unmittelbar verbinden. Das Beweismateriale gaben: frischer, lebender Hyalinknorpel; Silberfärbung; Goldfärbung; normale Verkalkung des Knorpelgewebes bei der Umwandlung desselben zu „osteoidem“ Gewebe, endlich entzündliche Verkalkung bei gleichzeitiger Verletzung von Knorpel und Knochen.

Insbesondere war es die in Folge von Entzündung aufgetretene Ablagerung von Kalksalzen im hyalinen Knorpel, welche dadurch, dass die Ablagerung nur in der chondrogenen Substanz geschah, die Protoplasmakörper hingegen und deren Ausläufer frei blieben, innerhalb der Grundsubstanz ein feines, zierliches Netzwerk zur Anschauung brachte. Dasselbe entsprach in der Form den durch Silbernitrat hervorgerufenen hellen (negativen) und den durch Goldreduction sichtbar gemachten violetten (positiven) Bildern im normalen Knorpel.

Ich habe diesen Befunden einige andere über das Leben und den Bau der Knorpelkörper selbst hinzuzufügen.

Wenn man ein dünnes Plättchen vom Condylknorpel des Oberschenkelbeins eines eben getödteten mittelgrossen Kaninchens, mit $^1/_2\%$ Kochsalzlösung oder mit Blutserum befeuchtet, bei starken Vergrösserungen betrachtet, so erkennt man in vielen Knorpelkörpern einen Bau, durchaus ähnlich jenem, welchen ich an den farblosen Blutkörpern des Menschen geschildert habe. Wenn der Kern des Protoplasmakörpers sichtbar ist, erscheint derselbe bald homogen, bald aus einem dichten Maschenwerke einer eigenthümlich glänzenden Substanz (lebende Materie) zusammengesetzt und in letzterem Falle häufig von einer continuirlich aussehenden Lage derselben Substanz umrandet. Von der Periferie des Kerns gehen feine, konische Zäckchen ab, welche in ein den Protoplasmakörper durchziehendes Maschenwerk einmünden, dessen Knotenpunkte Verdickungen — Körnchen oder Klümpchen — der lebenden Materie bilden. In dem zwischen Protoplasma und Grundsubstanz vorhandenen schmalen, hellen Saume erkennt man abermals feine Zäckchen, welche von der Periferie des Knorpelkörpers radiär wegziehen und in der zart gekörnten, streckenweise deutlich netzförmg gezeichneten Grundsubstanz dem Blicke entschwinden.

Erwärmt man ein frisches Präparat auf dem heizbaren Objectträger auf 30—35° C., so sieht man an Knorpelkörpern, welche die netzförmige Structur deutlich zeigen, ein fortwährendes, wenn auch sehr träges Schwanken in der Gruppirung der lebenden Materie. Es ballen sich nämlich eng beisammen liegende Knotenpunkte zu homogenen Klümpchen zusammen; dann differenziren sich letztere wieder zu einem Maschenwerke, und so fort, bis die lebende Materie erstarrt, ohne dass diese Schwankungen in der Form des Netzwerkes auf die Gesammtform des Protoplasmakörpers von merklichem Einflusse wären.

Man kann sich demnach unmittelbar von der Thatsache überzeugen, dass die Knorpelkörper leben, einer Thatsache, welche Rud. Heidenhain[1] und Alex. Rollett[2] durch die Beobachtung der Wirkung von Inductionsschlägen auf

[1] Studien des physiol. Institutes zu Breslau. 1863.

[2] Handb. d. Lehre v. d. Geweben v. S. Stricker; Art. „Knorpelgewebe". 1868.

die Knorpelkörper von Fröschen und Tritonen wahrscheinlich gemacht haben.

Zur klaren Darstellung des Baues der Knorpelkörper eignet sich auch die Imprägnirung des Knorpelgewebes mit Goldchlorid in $^1/_2\%$ Lösung,[1] und zwar genügt hiezu eine schwache Goldfärbung (Fig. 1).

Ich bezeichne als „schwache Goldfärbung" jene, bei welcher die Protoplasmakörper und deren Stacheln in hell violetter Farbe erscheinen. „Starke Goldfärbung" werde ich die dunkel violette Färbung nennen, bei welcher der Bau der Grundsubstanz hervortritt. Die Zeitdauer für die erstere Färbung schwankt von 15—45 Minuten, für die letztere von 45 Minuten bis 2 Stunden langer Einwirkung der Goldchloridlösung; dieselbe ist wesentlich auch von der Intensität des zur Reduction benützten Tageslichtes abhängig. Nie habe ich auf ein Präparat die Goldlösung länger als 15—20 Minuten ununterbrochen einwirken lassen; dann wurde es ausgewaschen, dem Tageslichte ausgesetzt und geprüft. Erst nach der Prüfung wurde, wenn nöthig, die Goldlösung neuerdings in Anwendung gebracht.

Man kann sich bei stufenweiser Imprägnation der Gewebe des Thierkörpers mit Goldchloridlösung überzeugen, dass durch dieses Mittel nur die contractile Materie violett gefärbt wird, die Protoplasma-Flüssigkeit und die leimgebende Substanz hingegen ungefärbt bleiben. Je compacter die Anhäufung der contractilen Materie ist, z. B. in homogen aussehenden Kernen oder Kernkörperchen, desto langsamer erfolgt in derselben die Reduction des Salzes. Bei schwacher Imprägnation bleibt neben der hell violetten Farbe die gelbliche Farbe der genannten Gebilde erhalten; je länger die Goldlösung eingewirkt hat, desto intensiver und reiner wird die violette Färbung.

Ausnahmsweise erfolgt sehr früh eine dunkel violette Färbung der Grundsubstanz, während die Protoplasmakörper ungefärbt bleiben. Man erhält dann Bilder, wie nach der Silberbehandlung, wie Cohnheim schon angegeben hat.

An die geschilderten Befunde im Knorpel knüpft sich nun eine Reihe von Beobachtungen an verschiedenen Geweben des Thierkörpers.

Markgewebe. Das zwischen den Knochenbälkchen eines Röhrenknochens von einem neugeborenen Hunde aufgespeicherte Markgewebe besteht aus Protoplasmaklümpchen, welche in einer homogenen Grundsubstanz eingelagert sind. Die Klümpchen

[1] Methode von J. Cohnheim. „Über die Endigung der sensibl. Nerven in der Hornhaut." Virchow's Archiv. 38. Bd. 1867.

haben ein sehr verschiedenes Aussehen. Wie immer aber der Körper aussehen mag, immer gehen von seiner Periferie konische, erst bei starken Vergrösserungen erkennbare Stacheln aus, welche die umgebende helle Zone radiär durchbrechen (Fig. 2). Liegen die Klümpchen nahe beisammen, dann ziehen die Stacheln unmittelbar zu den Leibern der Nachbarklümpchen; werden hingegen die Klümpchen von einander durch breitere Lagen von Grundsubstanz getrennt, dann ziehen die Stacheln je eines Klümpchens in die Grundsubstanz ein und entschwinden sofort dem Blicke.

Völlig gleich verhalten sich die von Gegenbaur[1] als „Osteoblasten" bezeichneten Elemente des Markes, sowohl in Markräumen neugeborener Hunde hart an den Knochenbälkchen, wie auch in Gefässcanälen der Röhrenknochen älterer Thiere.

Dort, wo die Elemente an einer Knochenwand anliegen, sind dieselben von der letzteren wieder durch einen hellen Saum begrenzt, und die von den Markelementen ausgehenden Fäden ziehen durch den Saum in die Grundsubstanz ein. Dort endlich, wo die Elemente des Markes ein Blutgefäss begrenzen, durchziehen deren Ausläufer den hellen, perivasculären Saum, um in die Gefässwand einzugehen.[2]

Auf schwache Goldfärbung von ausgewässerten Chromsäurepräparaten erscheinen die geschilderten Stacheln allenthalben sehr deutlich in violetter Farbe. Je länger man nun die Goldlösung einwirken lässt, um so deutlicher tritt eine Differenzirung innerhalb der Grundsubstanz hervor, bis endlich das Markgewebe das in Fig. 3 dargestellte Aussehen gewinnt. Die Protoplasmaklümpchen erscheinen jetzt als dunkel violette, aus einem dichten Netzwerke zusammengesetzte Körper, von deren Periferie feinste radiäre Speichen abgehen, welche in ein stellenweise gröberes, stellenweise feineres Maschenwerk einmünden.

Die ganze Grundsubstanz ist nämlich von einem Netzwerk durchzogen, dessen Knotenpunkte gröbere und feinere Körnchen

---

[1] Jenaische Zeitschr. f. Mediz. und Naturwissensch. I. Band. 1864. Diesem Forscher waren schon feine, cilienartige Fortsätze an den Osteoblasen bekannt.

[2] Vergl. meine Abhandlung „Über die Rück- und Neubildung von Blutgefässen im Knochen und Knorpel". Mediz. Jahrb. 1873.

darstellen. Man kann durch Verfolgen der allmäligen Goldwirkung constatiren, dass das dichteste Netzwerk mit den kleinsten Maschenräumen den gelblichen, glänzenden Elementen des Markes angehört, und dass die grösseren violetten Klümpchen theils homogene Kerne, theils Kernkörperchen sind. Das feinste Netzwerk endlich, mit den kleinsten Körnchen als Knotenpunkten und den relativ grössten Maschenräumen, entspricht jenen Stellen des Markgewebes, welche im ungefärbten Zustande des Präparates einer anscheinend homogenen, structurlosen Grundsubstanz angehörten.

Gewebe der Nabelschnur. Längsschnitte von einer in Chromsäurelösung erhärteten Nabelschnur des Menschen zeigen bekanntlich eine streifig-faserige Structur. Die Faserzüge sind am dichtesten gelagert an der Periferie der Nabelschnur und um die Blutgefässe herum; diese dichteren Lagen sind mit einander durch ein relativ grobes Maschenwerk von dichteren Faserzügen verbunden, dessen Räume eine homogene Substanz enthalten. In den dichten Faserlagen trifft man mächtige, ein- und mehrkernige, in die Länge gezogene und vielfach verzweigte Protoplasmamassen; dann kleinere, spindelförmige Körper; endlich kleinste, anscheinend kernlose Protoplasmastränge und Klümpchen. In den von einem lockeren — durch das Messer zum Theile zerrissenen — Faserwerke durchzogenen Maschenräumen hingegen liegen anscheinend isolirte, ein- und mehrkernige, rundliche, durchschnittlich nicht verzweigte Körper.[1] — Die Anhäufung der lebenden Materie innerhalb der Protoplasmakörper ist eine variable. Man sieht compacte Klümpchen, welche durch eine fast homogene Structur, starken Glanz und gelbliche Farbe ausgezeichnet sind; dann grob- und feinkörnige Körper mit theils homogenen, glänzenden, theils feinkörnigen, blassen Kernen, theils mit, theils ohne Kernkörperchen; endlich blasse, sehr zart granulirte Körper ohne sichtbaren Kern und ohne scharfe Grenze gegen die Grundsubstanz. Die Oberfläche all'

[1] Vergl. Rud. Virchow's Cellularpathologie, 4. Aufl. 1871. Weismann. Zeitschr. f. rat. Mediz. 3. Reihe, Bd. XI. 1861. K. Köster. Über die feinere Structur der menschl. Nabelschnur. Würzburg 1868. Köster hat die runden Zellen in den Maschenräumen und spindelförmige Zellen in der Nähe von fibrillenlosen Räumen als amöboid erkannt.

dieser, im Zusammenhange mit dem Gewebe erhaltenen Protoplasmakörper und ihrer Kerne erscheint übrigens mehr oder weniger deutlich zackig und stachelig.

Bestreicht man eine frische Nabelschnur mit dem Lapisstifte [1] und lässt dieselbe im Wasser dem Tageslichte ausgesetzt, so färbt sie sich in kurzer Zeit tief braun.

Längsschnitte von einer so gefärbten Nabelschnur ergeben schon bei schwachen Vergrösserungen, dass in der nun gleichmässig braunen Grundsubstanz überaus reichlich vielgestaltige, helle, ungefärbte Felder vorhanden sind. Bei starker Vergrösserung sieht man (Fig. 4), dass die hellen Felder in verschiedenen Richtungen Ausläufer in die Grundsubstanz senden, [2] und dass von sämmtlichen hellen Feldern und deren Fortsätzen ein zierliches, feines, varicöses Netzwerk abgeht, welches die Grundsubstanz so durchzieht, dass jedes braune Feldchen von hellen Strassen umsäumt wird.

Bei schwacher Goldfärbung, wie dieselbe schon von Cohnheim (l. c.) benützt wurde, lässt sich constatiren, dass die violetten, kernhaltigen Körper und deren gröbere Ausläufer in ihrer Grösse und Gestalt genau den durch Silber dargestellten grösseren hellen Feldern entsprechen. Bei starker Goldfärbung endlich sieht man (Fig. 5), dass von jedem jetzt dunkel violetten Körper und jedem seiner Ausläufer eine grosse Zahl sehr feiner,

---

[1] Die Tinction der Gewebe mit salpetersaurem Silberoxyd ist seit F. von Recklinghausen (Die Lymphgefässe und ihre Beziehung zum Bindegewebe. Berlin 1862) eine vielfach benützte Methode. Ich habe in allen Fällen das directe Bestreichen der frischen Gewebe mit dem Lapisstifte weit vortheilhafter gefunden, als die von R. angegebene Methode des Badens. Die oberflächlichste, mit dem Silbersalze in Berührung gekommene Schicht des Gewebes ist zwar stets unbrauchbar; dafür geben die tieferen, sich nachträglich färbenden Schichten und die aus denselben gewonnenen Schnitte um so schönere Bilder. Ich muss betonen, dass ich alle Präparate, in welchen schwarze, körnige Niederschläge entweder im Protoplasma oder in der Grundsubstanz vorhanden sind, als unbrauchbar betrachte. Nur dann, wenn die Grundsubstanz eine hell- oder dunkelbraune Färbung besitzt, die den Protoplasmakörpern entsprechenden Felder hingegen vollkommen frei und farblos erscheinen, lassen sich die von mir geschilderten Verhältnisse studiren.

[2] Köster (l. c.) hat mittelst der Silbermethode nur die grösseren hellen Felder zur Anschauung gebracht.

dunkel violetter Fäden abzieht, welche in ein varicöses, körnig-krümeliges Netzwerk übergehen. Das letztere durchbricht in einer zur Faserlage vorwiegend senkrechten Richtung die Grundsubstanz — sowohl die Fasern, wie die Zwischenräume zwischen diesen. Selbst die feinsten Fasern lassen sich optisch noch so differenziren, dass in der Längsrichtung der Faser ein hell violettes Feldchen mit einem dunkel violetten, dem in der Substanz der Faser eingelagerten Körnchen, abwechselt.

Zahlreiche, aus der Continuität herausgerissene, breite Fasern gehen als Ausläufer von bipolaren, kernhaltigen Klümpchen hervor und stets erscheint eine solche Faser von einem dunkel violetten Netzwerke durchbrochen.

Die Verhältnisse sind im Wesentlichen identisch am Sehnengewebe.

Bestreicht man nämlich die Achillessehne eines eben getödteten, mehrere Jahre alten Hundes oder eines erwachsenen Kaninchens ganz leicht mit Lapis, so tritt im Tageslichte nach einiger Zeit die braune Silberfärbung hervor.

Bei schwacher Vergrösserung von Längsschnitten sieht man in tieferen Lagen eines Sehnenstranges zahlreiche, schmale, spindelförmige, helle Felder, deren Randcontour dunkelbraun, von hellen Strichelchen senkrecht durchbrochen ist, während die umgebende Grundsubstanz gleichmässig braun gefärbt und homogen erscheint.[1] Gegen die Oberfläche der Sehne hin sind die hellen Felder grösser, häufig und zwar vorwiegend in ihrer Längsrichtung gabelig gespalten; im peritendinösen Gewebe endlich äusserst reichlich, vielgestaltig und durch schmale braune Felder und Streifen der Grundsubstanz von einander getrennt.

Bei starker Vergrösserung (Fig. 6) ergibt sich an gabelig gespaltenen Feldern, in welchen man hie und da mattgraue, kernähnliche Gebilde erkennt, dass die Grundsubstanz im Zwischenraume je zweier Gabelzinken als scharf gezeichneter Conus endet. Von der Periferie sämmtlicher hellen Felder und deren Ausläufer ziehen in senkrechter Richtung feine, helle Strassen ab, welche in ein, die Grundsubstanz durchsetzendes helles

[1] v. Recklinghausen hat (l. c.) in der mit Silbernitrat tingirten Sehne auch anastomosirende helle Felder beobachtet.

variköses Netzwerk einmünden, wodurch jedes grössere helle Feld mit seinen Nachbarn in ununterbrochene Verbindung kommt.

Schwache Goldfärbung erweist die Identität der jetzt hell violetten Körper mit den im Chromsäurepräparate sichtbaren ein- und mehrkernigen Protoplasmakörpern, und der Form nach die Identität derselben mit den im Silberbilde aufgetauchten negativen Feldern. [1]

Bei starker Goldfärbung zeigt sich auch die streifige Grundsubstanz hell violett gefärbt. Innerhalb derselben erscheinen dunkel violette, ab und zu verzweigte Körper, und von diesen ausgehend sehr zarte, dunkel violette Streifen, welche die Streifenzüge der Grundsubstanz vorwiegend senkrecht durchbrechen. An Stellen, wo das Gewebe der Sehne in Fasergruppen und in einzelne Fädchen zerzupft ist, erkennt man das streifig-körnige, dunkel violette Netzwerk sehr deutlich, und kann an jeder gröberen, bisweilen selbst an den feinsten Fasern sehen, dass die hell violette Grundsubstanz in unregelmässigen Abständen von dunkel violetten Körnchen durchsetzt ist, oder solche Körnchen der Faser anhaften (Fig. 7). An der Periferie von Faserbündeln ragen häufig dunkel violette, wie abgerissen aussehende Zäckchen hervor. Der Querschnitt eines kleinen Sehnenbündels (Fig. 7*a*) lässt sich in zweierlei Substanzen auflösen: eine körnige, ab und zu verzweigte, dunkel violette und eine homogene, farblose oder hell violett gefärbte. [2]

Periostgewebe. Chromsäurepräparate von der Beinhaut der Röhrenknochen erwachsener Hunde und Katzen bieten folgendes Bild. Die helle Grundsubstanz ist streckenweise streifig-faserig; an vielen Stellen von einer Anzahl rautenförmiger Platten, an anderen Stellen von breiten Bändern hergestellt, welche hie und da wieder aus Rauten zusammengefügt oder aber

---

[1] Meine Befunde stimmen hierin mit jenen Giulio Bizzozero's (Rendiconti del R. Istituto lomb. delle scienze 1869) und Paul Güterbock's (Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1870) überein.

[2] Ich bemerke, dass ich Bilder von mit Silbernitrat und Goldchlorid behandelten Sehnen, welche die geschilderten Verhältnisse deutlich zur Anschauung brachten, aus zahlreichen Präparaten nur in geringer Menge erhalten habe.

homogen erscheinen. All' diese Formen sind auch in wechselnd grossen Bezirken untermengt und schichtweise in einander senkrecht oder schief durchkreuzenden Lagen aufgestellt.

Die breitbänderige Form der Grundsubstanz trifft man in der Regel hart an der Oberfläche des Knochens;[1] die übrigen Formen an der Periferie des Periostgewebes, wo dasselbe in benachbarte, analoge Gewebsformen übergeht. Die Bänder sind in der Längsrichtung von einander durch verschieden lange, gestreckte, sogenannte „elastische Fasern" getrennt, wodurch jedes Band eben die Form einer Raute erhält. An den Rautenwinkeln gehen die elastischen Fasern spitzwinkelige Anastomosen ein. Nicht selten ist ein breites Band durch elastische Fasern wieder in kleinere Rauten abgetheilt.

In der streifig-faserigen Grundsubstanz des Periosts liegen spindelförmige Protoplasmakörper; in der rautenförmig abgetheilten Grundsubstanz platte, spindel- oder rautenförmige; in den Bändern zerstreut vorwiegend oblonge Körper. In den Zwischenräumen zwischen den einzelnen Bandschichten endlich sind ähnliche Körper in wechselnden Distanzen eingelagert.

Alle geschilderten Formen der Periostkörper stimmen darin überein, dass sie in Höhlen der Grundsubstanz, sei nun dieselbe wie immer gebaut, ruhen, dass von ihrer Periferie Zacken abgehen, und dass sie vorwiegend einkernig sind. Kern und Kernkörperchen bieten constant das in farblosen Blutkörpern geschilderte Verhalten.

In der braunen Grundsubstanz von mit salpetersaurem Silberoxyd behandeltem Periost tauchen helle Felder von mannigfaltigen Formen auf, deren Verhalten im Wesentlichen identisch ist mit jenem der Felder des Nabelschnur- oder Sehnengewebes (Fig. 8). Auch hier wird die Grundsubstanz von hellen, verzweigten Gängen durchzogen, welche jedes grössere helle Feld mit dem anderen direct verbinden.

Schwache Goldfärbung des Periosts führt zur Erkenntniss, dass nicht nur von allen Protoplasmakörpern feinste radiäre

---

[1] Das von Th. Billroth (Archiv f. klinische Chirurgie, Bd. VI.) als „Cambium" bezeichnete Protoplasmalager zwischen Periost und Knochen ist nur an jugendlichen Thieren nachweisbar.

violette Speichen abziehen, sondern auch alle Zwischenräume zwischen den einzelnen Rauten von senkrechten Zäckchen durchbrochen sind. Die glänzenden elastischen Leisten gewinnen dabei ein quergestreiftes Ansehen, herrührend von senkrecht durch dieselben ziehenden zarten, violetten Fäserchen, deren Continuität man zu beiden Seiten des elastischen Streifens ersieht.

Starke Goldfärbung endlich führt zum Auftreten eines dunkel violetten, varicösen Netzwerkes, gleichwie in den schon früher geschilderten Formen des Bindegewebes.

Mit dem Baue des Periosts in allen wesentlichen Punkten übereinstimmend, habe ich jenen des Perichondriums gefunden. An Stellen, wo Faserknorpel an Perichondrium stösst, z. B. an der Lateralfläche der Kniegelenk-Condylen des Oberschenkelbeins jüngerer Thiere, lässt sich durch Goldreduction ein sehr dichtes Netzwerk von groben Ausläufern der dunkelvioletten Körper („Faserknorpelzellen") hervorrufen.

Knochengewebe. Die Grundsubstanz des jungen Knochens ist streifig, jene des älteren hingegen lamellirt. Die Knochenlamellen stellen von einander durch nicht verkalkte Grundsubstanz getrennte Blätter dar, deren jedes wieder aus platten, oblongen Linsen zusammengefügt ist, welch' letztere entsprechend dem Bogen des Lamellenblattes gekrümmt und mit je einer mehr oder weniger central gestellten „Knochenzelle" versehen sind.

Über den Bau der Knochenkörper habe ich (l. c.) schon eine Reihe von Angaben gemacht; hier soll nur wieder hervorgehoben werden, dass bei der Entzündung des Knochens in sehr frühen Stadien eine Schwellungsform des Protoplasmas eintritt, bei welcher ohne Anwendung von Reagenzmitteln zahlreiche, netzförmig mit einander anastomosirende und dadurch ein Maschenwerk erzeugende Protoplasmazüge innerhalb der Grundsubstanz des Knochens auftauchen, als Ausläufer der „Knochenzellen" genannten Körper.

Blutgefässe. In Fig. 8 ist eine Arterie aus dem mit Silber gefärbten Periost eines erwachsenen Hundes dargestellt, durch welche erhärtet wird, dass die braune Grundsubstanz im adventitiellen Bindegewebe, dann die schalige Kittsubstanz

zwischen den spindelförmigen Muskelelementen, endlich die Kittsubstanz zwischen den Endothelplatten allenthalben von hellen Gängen durchzogen sind, welche die den genannten Gebilden entsprechenden hellen Felder unter einander verbinden.

Bei Goldfärbung des Endothels erscheinen die Räume zwischen den einzelnen Elementen von konischen Zäckchen durchbrochen, welche je ein Element mit den benachbarten verbinden. Von den Capillaren der compacten Substanz der Röhrenknochen habe ich schon (l. c.) dargethan, dass deren Wand — hohles Protoplasma — mit den Nachbarelementen, seien dies nun solche des Markes oder des Knochens, in directer, durch Speichen vermittelter Verbindung steht. Die Speichen durchziehen den das Protoplasmarohr umgebenden Raum, den „perivasculären Lymphraum" der Autoren.

Muskelgewebe. An zusammenhängenden frischen sowohl, wie auch mit Goldchlorid behandelten glatten Muskelspindellagen gewinnt man die Überzeugung, dass von jeder Spindel eine Anzahl von Zacken ausgeht, welche die umgebende Kittsubstanz durchsetzen, um in die Nachbarspindeln einzumünden. In solchen Spindeln lässt sich zumal in der Wand der Nabelschnurgefässe eine starke Anhäufung von lebender Materie constatiren, welche dem Protoplasmakörper ein fast homogenes Aussehen und starke Lichtbrechung verleiht. In stark glänzenden Spindeln sind die Kerne nicht sichtbar. Wo die oblongen Kerne in das Auge fallen, ist auch deren, durch zarte Speichen vermittelter Zusammenhang mit dem Netzwerke der lebenden Materie im Protoplasma erweislich.

Die Untersuchung des lebenden quergestreiften Muskels aus dem Schenkel des Hydrophilus oder des Flusskrebses ergibt, dass die Anordnung der contractilen oder „Hauptsubstanz" eine ausserordentlich variable ist. Gegenüber den von W. Krause[1], V. Hensen[2], Th. W. Engelmann[3] u. A. auf-

[1] „Über den Bau der quergestreiften Muskelfaser." Zeitschr. f. rat. Mediz. 1868.

[2] „Über ein neues Structurverhältniss der quergestreiften Muskelfaser." Arbeiten d. Kieler physiol. Institutes. 1868.

[3] „Mikroskopische Untersuchungen über die quergestreifte Muskelsubstanz". Pflüger's Archiv. 1873.

gestellten, zum Theile höchst complicirten Schemen muss ich den von E. Brücke[1] aufgestellten Satz: „dass die Sarcous elements nicht schon im lebenden Muskel als feste Stücke von unveränderlicher Masse existiren, sondern Gruppen von Molecülen sind, die während des Absterbens gleichsam in verschiedenartig formirten Colonnen aufmarschiren," — aufrecht erhalten. Ich kann im lebenden, quergestreiften Muskel eben nichts Anderes erkennen, als im lebenden Protoplasma überhaupt, nämlich Körnchen und aus Körnchen zusammengefügte Anhäufungen der lebenden Materie — Sarcous elements — und zwischen diesen eine nicht contractile Zwischensubstanz.

In allen Formen, in welchen die contractile Substanz zur Anschauung kommt, lässt sich constatiren, dass jedes Körnchen und jedes Sarcous element mit seinen Nachbarn in allen Richtungen durch feine, graue Fädchen verbunden wird, welche die Zwischensubstanz in senkrechter und in querer Richtung durchziehen. Ebenso gehen von der Periferie eines jeden, an oder nahe der Oberfläche gelegenen, „Muskelkern" genannten Gebildes, und, ist der Kern von einer wahrnehmbaren Lage Protoplasmas begrenzt, von letzterem feine konische Zäckchen ab, welche einen schmalen, hellen Saum durchsetzen, um in die benachbarten Sarcous elements einzumünden (Fig. 9).

Weit eleganter als am frischen Muskel, sind die hier geschilderten Verhältnisse bei Goldfärbung des Hydrophilus- oder Astacus-Muskels sichtbar. Durch das Goldchlorid wird nämlich nach genügend (20—40 Minuten) langer Einwirkung stets die contractile Substanz violett gefärbt. Ich habe das von Cohnheim (l. c.) angegebene Verhalten, dass sich die Zwischensubstanz violett tingire, an den von mir untersuchten Objecten nicht beobachten können[2].

Structurelemente des Nervensystems. Dünne Plättchen, welche man aus der Rinde oder aus Stammganglien

---

[1] „Untersuchungen über den Bau der Muskelfasern mit Hülfe des polar. Lichtes." Denkschr. der Wiener Akad. d. Wissensch. Bd. XV. pag. 76.

[2] Analogien mit den dargestellten Befunden begegnet man auch im quergestreiften Muskel des Hundes; wegen der Kleinheit der Sarcous elements allerdings viel weniger deutlich.

des Gehirns eines eben getödteten erwachsenen Kaninchens ohne allen Zusatz, oder mit sehr verdünnter Lösung von chromsaurem Kali, welche nachweislich im feineren Baue des Protoplasmas keine Veränderungen hervorruft (Rollett), auf den Objectträger bringt, eignen sich zum Studium des Baues der Nervenelemente bei starken Vergrösserungen. Man sieht streckenweise Protoplasmalager mit zahlreichen, kernähnlichen Gebilden (Fig. 10); ferner Ganglienkörper von verschiedenen Formen und markhaltige Nervenfasern von verschiedener Dicke (Fig. 11). Die lebende Materie ist vorwiegend an den als Kernkörperchen zu bezeichnenden Bildungen compact angehäuft, von gelblichem Glanze und von homogener Structur; hingegen ist dieselbe im Protoplasma aller Structurelemente des Nervensystems, den Axencylinder mitgerechnet, in dünnen Lagen von matt grauer Farbe und in Form von Körnchen und Klümpchen sichtbar, welche sämmtlich unter einander durch zarte, radiäre Speichen in Verbindung stehen.

Die Speichen innerhalb der Ganglienkörper, zumal innerhalb der Kerne, sind schon von einer grossen Zahl von Beobachtern gesehen[1] und theils als zur Structur der Ganglienkörper, theils als Gerinnungsproducte angesprochen worden. Ich sehe in diesen Gebilden keinen anderen Bau, als etwa in Knorpelkörpern oder in lebendem Protoplasma überhaupt; allerdings in einer sehr in die Augen fallenden Klarheit. Ebenso sind die zarten Speichen, welche von der Periferie der Ganglienkörper sowohl, wie der marklosen und markhältigen Nervenfasern hervorbrechen, um den umgebenden hellen Saum zu durchziehen, stellenweise deutlich sichtbar.

Dieselbe Structur bieten Ganglienkörper aus dem Sympathicus des Kaninchens. Die Speichen verbinden hier die unmittelbar neben einander gelagerten Körper; sie durchziehen aber auch den Zwischenraum zwischen diesen und der Kapsel, um sich in letztere einzusenken.

Das blasse Protoplasma des Nervensystems färbt sich mit

---

[1] Die einschlägige Literatur gibt: Jul. Arnold, „Ein Beitrag zu der feineren Structur der Ganglienzellen". Virchow's Archiv. 41. Bd. 1867.

Goldchloridlösung bekanntlich sehr leicht violett; schwache Goldfärbungen sind ein gutes Mittel, die geschilderten Verhältnisse in der Structur der Nervenelemente klar zur Anschauung zu bringen.

Epithel- und Enchymgewebe. An vielen Epithelien kennt man die als „Stachel- und Riffzellen" bezeichneten Formen, welche Max Schultze[1] an den Pflasterepithelien der äusseren Haut, der Lippen, der Mundhöhlen- und Zungenschleimhaut und der Conjunctiva palpebr. als normale Vorkommnisse zuerst beschrieben hat. Die Stacheln sind eben Ausläufer je eines Epithel-Elementes, die den hellen Saum der Grund- oder Kittsubstanz durchziehen, um zu den Nachbarelementen zu gelangen. Die Stacheln sind konisch und derart angeordnet, dass abwechselnd von Einem Elemente ein Conus mit breiter Basis abgeht, und der nächste, vom Nachbarelemente kommende mit seiner Spitze in dasselbe einmündet. Bekannt ist auch das von Bizzozero beschriebene Verhalten, wo die Spitzen zweier, von zwei Elementen konisch wegziehender Stacheln in der Mitte des Saumes der Grundsubstanz auf einander stossen.

Entsprechend diesen Stacheln erscheint bei vorsichtiger Behandlung die durch Silbertinction braun gewordene Kittsubstanz stets von queren, hellen Strichelchen durchbrochen, und erscheinen nach Goldbehandlung des Epithels eine Summe von violetten Strichelchen, welche die violetten Epithel-Elemente durch die nicht gefärbte Kittsubstanz hindurch mit einander verbinden.

Ich habe keine anderen Elemente, weder im Epithel, noch im Drüsenparenchym gesehen, als mit einander verbundene, sogenannte „Stachelzellen", und verweise auf Fig. 12 für Darm-Epithel und Fig. 13 für Drüsenelemente. Dass alle Gewebs-Elemente des Thierkörpers überhaupt „Stachelzellen", alle Kerne „Stachelkerne" und alle Kernkörperchen „Stachelkernkörperchen" sind, geht aus meinen Schilderungen ohnedies hervor.

Es kann aber durch die Untersuchung der Enchymkörper auch constatirt werden, dass die Ausläufer je Einer „Enchymzelle" nicht überall zu benachbarten „Enchymzellen" ziehen,

[1] Centralblatt f. d. mediz. Wissenschaften. 1864.

sondern dass an der Periferie des Drüsenläppchens oder Schlauches eine, durch feine Fädchen vermittelte directe Verbindung zwischen Enchym- und benachbarten Bindegewebs-Elementen stattfindet.

Es ergibt sich zunächst, dass in keinem der genannten Gewebe, und so weit meine Untersuchungen reichen, in keinem Gewebe überhaupt „Zellen" als isolirte Individuen vorhanden sind.

Jedes Gewebe stellt, um in der bisher gebrauchten Ausdrucksweise zu sprechen, eine Zellencolonie dar, in welcher Eine „Zelle" mit Allen und Alle mit Einer in ununterbrochener, durch lebendige Materie vermittelter Verbindung stehen. Jede Zellencolonie ist aber wieder mit den Nachbarcolonien ohne Unterbrechung verbunden, so dass der ganze Thierkörper als eine einzige Zellencolonie zu betrachten wäre. Mit anderen Worten:

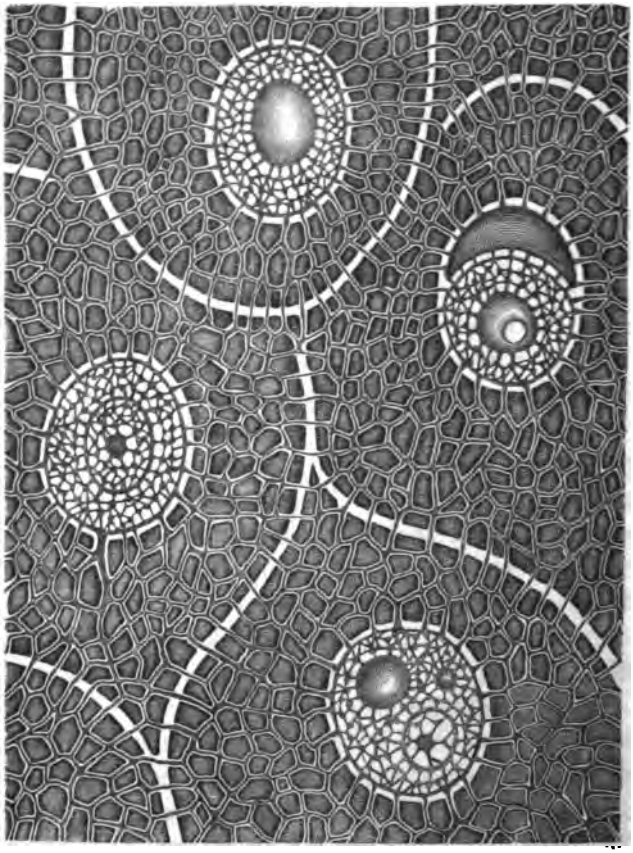
Der Thierkörper als Ganzes ist Ein Protoplasmaklumpen, in welchem zum geringeren Theile isolirte Protoplasmakörper (wandernde Körper, farblose und rothe Blutkörper) und verschiedene andere, nicht lebendige Substanzen (leimgebende und mucinhältige Substanzen im weitesten Sinne, ferner Fett, Pigmentkörner etc.) eingelagert sind.

Gerade so, wie die Amoebe ein Protoplasmaklümpchen darstellt, innerhalb dessen die lebendige Materie in Form eines Maschenwerkes aufgespannt ist, in welchem die Knotenpunkte wieder lebendige Materie sind: ebenso ist jeder, auch der hoch organisirte Körper eines Säugethieres ein Klumpen, durchzogen von einem lebendigen Maschenwerke, dessen Knotenpunkte lebendige Materie, in der Form der bisher als Zellen bezeichneten Protoplasmaklümpchen sind.

Jedes Gewebe wird, wie die Entwickelungsgeschichte lehrt, aus einer Summe von Protoplasma-Klümpchen, die wir als Elemente bezeichnen wollen, zusammengesetzt. Im fertigen Gewebe bilden die „Zelle" und ihr Territorium (Virchow) eine Gewebseinheit, keineswegs aber ein Individuum, denn jede

Einheit steht mit allen Nachbareinheiten in unmittelbarem, lebendigen Zusammenhange.

Analysiren wir die Form der Gewebseinheiten zuvörderst an den geschilderten „bindegewebigen" Gebilden. Im Centrum des Elementes liegt das Kernkörperchen und der Kern. Dieser wird umgeben von einem bisher „Zelle" genannten Protoplasmakörper; auf diesen endlich folgt ein Protoplasmakörper, welcher mit leimgebender Grundsubstanz infiltrirt ist. Innerhalb der Gewebseinheit steht nun die lebende Materie in ununterbrochenem Zusammenhange. (Siehe Holzschnitt.) Sie ist im Centrum compact angehäuft (Kernkörperchen); bildet hierauf ein bald enges, bald weites Maschenwerk, welches peri-



Schema des Baues der „Bindesubstanzen".

pher von einer continuirlichen, lebendigen Schale abgeschlossen ist (Kern); erzeugt dann ein weiteres Maschenwerk, das von der Protoplasmaflüssigkeit durchtränkt und in der Regel abermals von einer continuirlichen Schale begrenzt ist (Zelle); und stellt endlich ein relativ weitmaschiges Netzwerk dar, dessen Maschenräume mit Grundsubstanz infiltrirt erscheinen (Zellenterritorium).

Dieses Schema erleidet Änderungen dadurch, dass der Kern in toto, oder der ganze Centraltheil einer Gewebseinheit eine compacte, homogen aussehende Anhäufung der lebendigen Materie darstellen kann — unter Verhältnissen, welche, wie ich bei anderer Gelegenheit darthun werde, auf Altersunterschiede des Protoplasmas zurückzuführen sind.

Jede der genannten Zonen einer Gewebseinheit ist von der Nachbarzone durch je einen, in der Regel Flüssigkeit hältigen Raum begrenzt, welcher nicht von einem Maschenwerke sondern nur von einfachen Speichen der lebendigen Substanz durchzogen wird. Je ein solcher Raum existirt also: um das Kernkörperchen, um den Kern, um das Protoplasma, endlich um den infiltrirten Theil der Gewebseinheit. In jedem dieser Räume, von welchen bisher nur die „pericellularen" bekannt waren, kann eine freiere Saftströmung stattfinden, und in jeden können durch parenchymatöse Injection die gefärbten Massen eingetrieben werden. So um den Kern herum (Mac-Gillavry); dann um die „Zelle" (Kowalewsky u. A.); ferner in die Grenzen der Gewebseinheiten; endlich in die perivasculären Räume.

Bei solchen gewaltsamen Injectionen müssen die Verbindungsspeichen reissen und müssen die Protoplasmakörper verschoben oder zusammengedrückt werden. Es wird begreiflich, wie durch diese Methode interstitielle „wandungslose" Lymphspalten zur Darstellung gekommen sind.

Anders gestaltet sich das Schema der Gewebseinheiten des Epithels. Im Centrum des Elementes befinden sich das Kernkörperchen und der Kern. Beide liegen eingebettet in einem Protoplasmakörper, und auf diesen folgt unmittelbar die Schale der Grund- oder Kittsubstanz, welche allen an einander grenzenden Elementen gemeinsam angehört und in welcher die Verbindungsspeichen der Elemente eingelagert sind. Ähnlich wie Epithelien verhalten sich aber auch viele „Bindegewebskörper",

insbesondere die des Markgewebes (Osteoblasten) und die des Endothels; ähnlich auch das Gewebe der glatten Muskelfasern. Ich werde in einer anderen Untersuchung zeigen, dass der Entwicklung einer jeden Bindegewebseinheit regelmässig ein Stadium vorausgeht, welches dem Schema der epithelialen Bildungen entspricht, und dass wir nicht berechtigt sind, aus der Form allein einen durchgreifenden Unterschied zwischen Bindegewebs- und Epithel-Elementen aufzustellen.

Ebenso, wie jedes selbständige Protoplasmaklümpchen und in demselben jede Vacuole von einer continuirlichen Lage lebendiger Substanz begrenzt wird: ebenso wird auch beim Säugethier der ganze Klumpen von einer continuirlichen Lage Protoplasmas bedeckt, und jede Höhle innerhalb des Klumpens von einer Lage Protoplasmas ausgekleidet.

Dass auf Grundlage der geschilderten Verhältnisse ein klares Verständniss einerseits des Entwicklungsganges der Gewebe, andererseits auch des Entzündungsprocesses ermöglicht wird, werde ich in späteren Abhandlungen darthun. Die Vorgänge bei der Entzündung, zumal gewisser Gewebe, liefern den zwingenden Beweis, dass innerhalb der Grundsubstanz reichlich lebendige, erkrankungsfähige Materie vorhanden ist.

* * *

Ist Blut ein Gewebe? Es gehört zu den heute gebräuchlichen Anschauungen über „Individuen“ auch die Annahme, dass Blut, Eiter, Secrete u. dgl. flüssige Gewebe seien. Aus dem, was ich über den Bau der Thiergewebe gesagt habe, geht hervor, dass jedes Gewebe ein Continuum von Protoplasma sei, mit verschieden gebauten Zonen. Eine „Intercellularsubstanz“ existirt hier ebenso wenig, wie „Zellen“ im modernen Sinne existiren; man kann eben nur von Grundsubstanz sprechen.

Wenn einzelne Klümpchen, wie die von v. Recklinghausen entdeckten Wanderzellen zeitweilig ohne Verbindung mit anderen Elementen leben und Ortsveränderungen ausführen, so erschüttern sie das allgemeine Gesetz noch keineswegs. Die Wanderzellen gehören in den Begriff „Gewebe“ nicht absolut hinein.

Im Blute circuliren freie Protoplasmaklümpchen, rothe und farblose Blutkörper in einer Flüssigkeit. Im Eiter sind Protoplasmaklümpchen gleichfalls in Flüssigkeit suspendirt, ebenso im Colostrum, in der Galle, im Samen und schliesslich in jeder Pfütze. Gewebe werden wir nun derlei Flüssigkeiten nicht nennen.

Die Analogie mit Vorkommnissen im Leibe einer lebenden Amoebe oder eines lebenden farblosen Blutkörpers ist auffallend genug. Auch in diesen Protoplasmaklümpchen treten vorübergehend Vacuolen auf, und ich habe anderen Ortes schon die Beobachtung mitgetheilt, dass in einzelnen Vacuolen Körnchen der contractilen Substanz suspendirt sein können. Nun beruht aber auch die Bildung der Blutgefässe bei Säugethieren zunächst auf Vacuolenbildung (l. c.), und innerhalb der Vacuole sind vom Haus aus in der Flüssigkeit isolirte Klümpchen lebender Materie suspendirt.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I.

Fig. 1. Knorpelkörper aus dem Condyl. femoris eines neugeborenen Hundes. Chromsäurepräparat, schwach mit Goldchlorid tingirt. Vergr. 1000.

Fig. 2. Markgewebe aus einem Längsschnitte des Oberschenkelknochens eines neugeborenen Hundes. Chromsäure-Präparat. Vergr. 800.

Fig. 3. Markgewebe ebendaher. Mit Goldchlorid stark tingirter Längsschnitt aus dem mittelst Chromsäure entkalkten Knochen. Vergr. 800.

Fig. 4. Längsschnitt aus der Rindenschicht einer mit Silbernitrat tingirten Nabelschnur des Menschen. Vergr. 800.

Fig. 5. Längsschnitt aus der Rindenschicht einer stark mit Goldchlorid tingirten Nabelschnur des Menschen. Vergr. 800.

Fig. 6. Längsschnitt aus der mit Silbernitrat tingirten Achillessehne eines erwachsenen Hundes. Vergr. 800.

Taf. II.

Fig. 7. Längsschnitt aus der mit Goldchlorid stark tingirten Achillessehne eines erwachsenen Hundes. Vergr. 800.

Fig. 8. Längsschnitt aus der mit Silbernitrat tingirten Beinhaut des Oberschenkelknochens eines älteren Hundes. Vergr. 800.

Fig. 9. Abschnitt aus dem frischen Schenkelmuskel von Hydrophilus piceus. Vergr. 800.

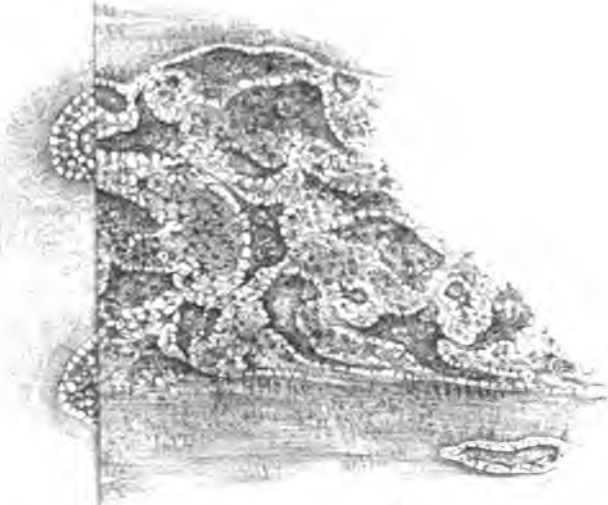
Fig. 10. Abschnitt aus der Hirnrinde eines eben getödteten erwachsenen Kaninchens. Präparat in ½ % Kochsalzlösung. Vergr. 800.

Fig. 11. Abschnitt aus dem Vierhügel eines eben getödteten erwachsenen Kaninchens. Präparat in verdünnter Lösung von chromsaurem Kali. Vergr. 800.

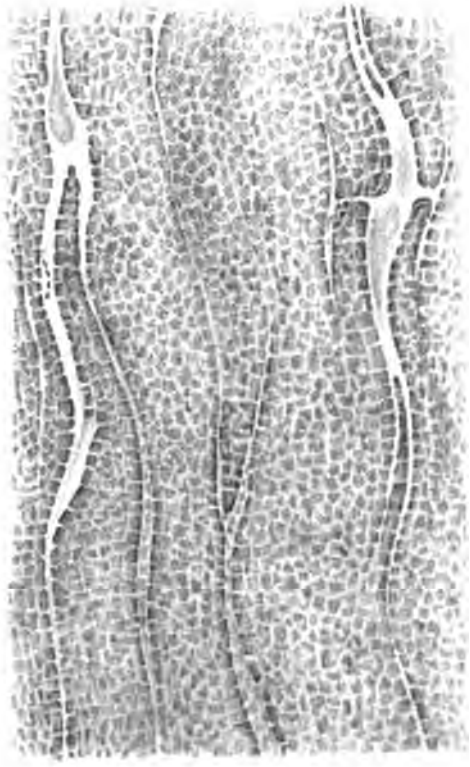
Fig. 12. Epithel von der Oberfläche einer mit Goldchlorid schwach tingirten Dünndarmzotte eines erwachsenen Hundes. Vergr. 800.

Fig. 13. Durchschnitt aus der mit Goldchlorid schwach tingirten Submaxillardrüse eines mittelgrossen Kaninchens. Vergr. 800.

(Fig. 1 mit einer Hartnack'schen Tauchlinse 15; die übrigen Figuren mit einer Vérick'schen Tauchlinse 10 gezeichnet.)



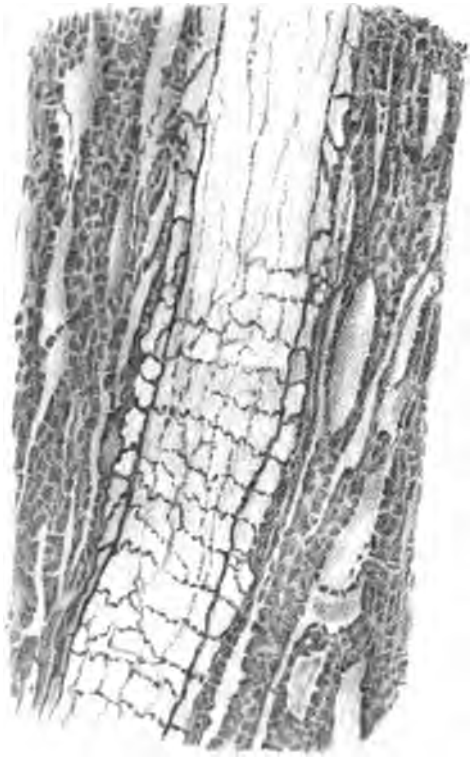
6.



Bez. u. Verf. lith.

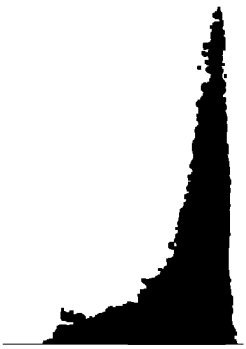
Anstalt v. A. Hof u. Ste. Wiedemann

ANFORD LIBL.



B.

Digitized by Google



Stanford University Libraries
3 6105 007 784 171

063
V66ls
Vol. 67
Sitzungsberichte d. Wiener Akademie d. Wissenschaften-Mathemat. Naturw. Classe. 1873
NAME
DATE
NAME
DATE
DATE